

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E
AMBIENTAIS**

José Luiz da Silva

**CIDADES INTELIGENTES: DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE
DE SOROCABA**

**Sorocaba/SP
2024**

José Luiz da Silva

**CIDADES INTELIGENTES: DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE
DE SOROCABA**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. José Martins de Oliveira Júnior

Coorientador: Prof. Dr. José Luiz Antunes de Almeida

**Sorocaba/SP
2024**

Ficha Catalográfica

S58c Silva, José Luiz da
Cidades inteligentes: desenvolvimento e implantação de estação meteorológica na Cidade Universitária da Universidade de Sorocaba / José Luiz da Silva. – 2024.
89 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. José Martins de Oliveira Junior.
Co-orientador: Prof. Dr. José Luiz Antunes de Almeida.
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais)
- Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2024.

1. Cidades inteligentes. 2. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais. 3. Universidade de Sorocaba. Estação meteorológica. I. Oliveira Junior, José Martins de, orient. II. Almeida, José Luiz de, co-orient.. III. Universidade de Sorocaba. IV. Título.

José Luiz da Silva

**CIDADES INTELIGENTES: DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE
DE SOROCABA**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: 29/08/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Martins de Oliveira Junior
Presidente da Banca
Universidade de Sorocaba

Prof. Dr. Norberto Aranha
Universidade de Sorocaba

Belinda de Souza Manfredini Silva
Prof.(a) Dr.(a) Belinda Manfredini Silva
Manfredini Ambiental

Dedico esta obra primeiramente a Deus e
a minha família. Vocês são tudo para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus criador e sua obra que é magnífica.

A toda minha família, em especial a minha mãe Ana Maria e minha esposa Silvia, pois são o meu suporte para conseguir ultrapassar esta nova etapa de um sonho antigo, meu filho Victor, que é meu anjo e me faz sempre objetivar o meu melhor, meu pai José Antônio *in memorian*, pois sempre acreditou em mim.

Ao professor Dr. José Martins de Oliveira Junior, que me apoiou e me mostrou que posso ir sempre além no meu desenvolvimento, ao professor Dr. José Luiz Antunes de Almeida por sempre me ajudar, apoiar, orientar em toda a parte da pesquisa e ao Professor Dr. Victor Balcão, pois me mostrou que um café e boas ideias podem e devem ser aplicado em qualquer lugar.

Ao Dr. Rodrigo Amaral, Gerente da Unidade do Senac Sorocaba pelo apoio e sempre acreditar no meu trabalho, a Ivone Perez Ruiz por me direcionar para ampliar meu conhecimento e sua grande amizade e a Ms. Daniele Tomaz sempre me orientando para manter o foco em momentos tempestuosos.

Agradeço ao Professor Dr. Rogério Profeta, pois necessita coragem e foco para a aplicação da criatividade e inovação.

A Dr. Belinda Manfredini, sempre me direcionando para o mundo da pesquisa.

Ao Eng. Ms. Dawilson Menna Júnior, por todo apoio e ideias para concretizar a instalação da Estação na UNISO no setor de Engenharia e a Estação Meteorológica no pergolado entre o prédio administrativo e o bloco A e a Tânia Regina Mancio Menna, do departamento de Compras da Universidade de Sorocaba, pela agilidade para aquisição dos materiais para a implantação da Estação Meteorológica.

Meu padrinho Sr. Marabo, por todo o apoio de sempre.

A todos os amigos do Senac Sorocaba pelo apoio e motivação.

Inovar é aceitar o risco de errar. Aqueles que têm medo de falhar, dificilmente serão capazes de criar ou solucionar algo novo.

(Martha Gabriel)

RESUMO

Sensores são instrumentos vitais para a coleta de dados e o monitoramento de vários aspectos do ambiente urbano. Este estudo destaca a crescente importância e as diversas aplicações dos dispositivos de sensores, sendo utilizado em cidades inteligentes. A implementação desses sensores tem se tornado cada vez mais comum em escala global, sendo utilizados para monitorar condições climáticas, avaliar o solo e em uma ampla variedade de aplicações urbanas. Para validar a proposta de implementar um sistema eficiente de monitoramento climático e ambiental, foi projetada, construída e instalada uma estação meteorológica compacta e automatizada no Campus da Universidade. de Sorocaba, situado na Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi, Rodovia Raposo Tavares Km 92.5, 18023-000, Sorocaba, SP, Brasil. O sistema é composto por sensores que fornecem informações meteorológicas sobre o clima da Cidade Universitária, incluindo umidade relativa do ar, temperatura, pressão atmosférica, radiação solar, índice pluviométrico e velocidade do vento. Os dados são coletados a cada 15 segundos e armazenados no *ThingSpeak*, uma plataforma online para envio e fornecimento de serviço. Após o processamento, as informações são disponibilizadas aos interessados através do link: <http://www.uniso.br/meteorologia>. O processo de coleta e processamento das informações foi desenvolvido utilizando um projeto em C++ para a configuração do Arduino/ESP32 e sensores. As tecnologias utilizadas incluem PHP (Hypertext Preprocessor) para a página inicial de visualização do programa e medições, HTML (Hypertext Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) e Javascript. A análise dos dados recebidos e consumidos do serviço *ThingSpeak* foi realizada utilizando o software Power BI. Para a implementação da interface do usuário e a visualização dos dados coletados, foi desenvolvido um site próprio para visualização rápida e sem necessidade de cadastro dos usuários. Diversas tecnologias web foram empregadas neste processo. O PHP foi usado para desenvolver a página inicial do programa, responsável por exibir as medições coletadas pelos sensores em tempo real. Além disso, HTML foi usado para estruturar o conteúdo da página web, CSS para estilizar e melhorar a aparência da página e JavaScript para adicionar interatividade à página, permitindo atualizações dinâmicas dos dados exibidos. Os dados coletados pelos sensores são enviados para o serviço *ThingSpeak*, um serviço online que permitiu o envio, armazenamento e recuperação de dados. Esses dados são consumidos e

analisados utilizando o software Power BI, uma ferramenta de análise de negócios que oferece insights interativos e recursos de relatórios. Os dados são consumidos utilizando a arquitetura SOA (Service Oriented Architecture) enviados para um site próprio para visualização rápida e são disponibilizados para consumo direto.

Palavras-chave: estação meteorológica; cidades inteligentes; arquitetura orientada à serviço; *design thinking*; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Sensors are vital instruments for collecting data and monitoring various aspects of the urban environment. This study highlights the growing importance and diverse applications of sensor devices being used in smart cities. The implementation of these sensors has become increasingly common on a global scale, being used to monitor weather conditions, assess soil and in a wide variety of urban applications. To validate the proposal of this study, a compact and automated meteorological station was designed, built and installed on the Campus of the University of Sorocaba, located in Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi, Rodovia Raposo Tavares Km 92.5, 18023-000, Sorocaba, SP, Brazil. The system is made up of sensors that provide meteorological information about the University City's climate, including relative humidity, temperature, atmospheric pressure, solar radiation, rainfall and wind speed. Data is collected every 15 seconds and stored on *ThingSpeak*, an online shipping and service delivery platform. After processing, the information is made available to interested parties through the link: <http://www.uniso.br/meteorologia>. The information collection and processing process was developed using a C++ project to configure the Arduino/ESP32 and sensors. The technologies used include PHP (Hypertext Preprocessor) for the initial program display page and measurements, HTML (Hypertext Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) and Javascript. The analysis of data received and consumed from the *ThingSpeak* service was carried out using Power BI software. To implement the user interface and visualize the collected data, a dedicated website was developed for quick viewing without the need for user registration. Several web technologies were used in this process. PHP was used to develop the program's home page, responsible for displaying the measurements collected by the sensors in real time. Additionally, HTML was used to structure the content of the web page, CSS to style and improve the appearance of the page, and JavaScript to add interactivity to the page, allowing for dynamic updates of the displayed data. The data collected by the sensors is sent to the *ThingSpeak* service, an online service that allowed sending, storing and retrieving data. This data is consumed and analyzed using Power BI software, a business analytics tool that offers interactive insights and reporting capabilities. The data is consumed using the SOA (Service Oriented Architecture) architecture, sent to a dedicated website for quick viewing and made available for direct consumption.

Keywords: meteorological station; *smart cities*; service oriented architecture; design thinking; remote sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sensor de Temperatura DHT-22.....	24
Figura 2 - Sensor de pressão atmosférica BMP-180.....	26
Figura 3 - Sensor de pressão atmosférica, temperatura e umidade BME- 280.....	26
Figura 4 - Índice UV diário máximo Brasil.....	27
Figura 5 - Sensor Ultravioleta UVM30A	28
Figura 6 - Índice UV x Sinal de Saída Guva-S12SD	29
Figura 7 - Sensor Ultravioleta GUVA-S12SD	30
Figura 8 - Anemômetro SV10.....	31
Figura 9 - Pluviômetro PB10	32
Figura 10 - Elementos SOA.....	33
Figura 11 - Agentes de uma arquitetura SOA.....	34
Figura 12 - Site Wunderground.....	44
Figura 13 - Localização Sorocaba/SP Wunderground.com.....	45
Figura 14 - Sensores No Mundo	46
Figura 15 - Relacionamento Power BI.....	48
Figura 16 - Relacionamento Power BI com tabela calendário.....	49
Figura 17 - Tabela dimensão calendário.....	50
Figura 18 - Diagrama fase 1.....	55
Figura 19 - Diagrama fase 2.....	55
Figura 20 - Diagrama fase 3.....	56
Figura 21 - Diagrama fase 4.....	57
Figura 22 –Disponibilização dos códigos esp32, site e dados sensores.....	58
Figura 23 - Gráfico De Ponto Dinâmico com leitura a cada 1 Minuto.....	61
Figura 24 - Tela Boas-Vindas fase 2 Estação UNISO.....	63
Figura 25 - Painéis de Umidade e Temperatura.....	64
Figura 26 - Cluster <i>ThingSpeak</i> de Temperatura e Umidade.....	64
Figura 27 - Painéis de Umidade e Temperatura.....	65
Figura 28 – Aplicação de estilo cores site próprio.....	67
Figura 29 – Integração <i>ThingSpeak</i> com site próprio usando SOA.....	68
Figura 30 – Localização da Estação e Contador de Acessos e Ir para a Estação ..	68
Figura 31 – Visão geral do estilo do site modificado.....	69
Figura 32 – Inserção do link Ir para Estação Meteorológica.	70

Figura 33 – ETL – Extração, Transformação e Carregamento.....	70
Figura 34 - Gráfico <i>ThingSpeak</i> de recebimento de dados por dia.....	71
Figura 35 - <i>Dashboard</i> Power BI.....	72
Figura 36 - Código consumo dados <i>ThingSpeak</i> - envio direto para Power BI.....	73
Figura 37 – Dados consumidos do <i>ThingSpeak</i> para o <i>Power Query</i>	73
Figura 38 - Código em função DAX para gerar a tabela dCalendario.....	74
Figura 39 – Relacionamento entre Tabela Estação fase4 x dCalendario.....	74
Figura 40 - Site Próprio consumindo dados dos sensores do <i>ThingSpeak</i>	75
Figura 41 - Atualização visual do site próprio.....	75
Figura 42 – <i>Dashboard</i> visualizando dados consumidos pelo <i>ThingSpeak</i>	76
Figura 43 – Mudanças de “widgets” no site próprio.....	76
Figura 44 – Novo local para a instalação da estação meteorológica.....	77
Figura 45 - Vista aérea Estação Meteorológica fase 4.....	77
Figura 47 - Parte frontal do sistema de controle.....	79
Figura 48 – Casulo de sensores.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre ESP32 e Arduino Uno.....	43
Tabela 2 - Fases x Períodos x Recursos x Materiais x Cadastro.....	60
Tabela 3 - Quantidades de dias x dados coletados x Fase.....	82
Tabela 4 - Descritivo, valores e quantidade e dos componentes para estação.	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADC	Analog-to-Digital Converter
API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Services
BI	Business Intelligence
CIS	Cidades Inteligentes e Sustentáveis
DAC	Digital-to-Analog Converter
GPIO	General Purpose Input/Output
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICI	Índice de Cidades Inteligentes
IDE	Integrated Development Environment
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
I ² C	Inter-Integrated Circuit
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IOT	Internet of Things
ISCBC	Instituto Smart City Business Brazil
LED	Light Emitting Diode
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PWM	Pulse Width Modulation
RLS	Row Level Security
SMS	Short Message Service
SOA	Arquitetura Orientada a Serviços
SPI	Serial Peripheral Interface
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
UDDI	Universal Description, Discovery, and Integration
UNEP	United Nations Environment Programmed
WEB	Word Wide Web
WHO	World Health Organization
WSDL	Web Services Description Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo Geral	20
2.2	Objetivos Específicos	20
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
3.1	Definição de Estação Meteorológica	21
3.1.1	Estação Meteorológica Manual ou Convencional	21
3.1.2	Estação Meteorológica Automática	22
3.2	Definição de sensores.....	23
3.2.1	Sensor de Temperatura.....	24
3.2.2	Sensor de Pressão Atmosférica	25
3.2.3	Sensor Ultravioleta	27
3.2.4	Anemômetro SV10	30
3.2.5	Pluviômetro PB10 de Báscula	31
3.3	Arquitetura Orientada a Serviços.....	32
3.4	Utilização de sensores para controle meteorológico.....	34
3.5	Internet das Coisas (IoT).....	35
3.5.1	Design Thinking	35
3.6	Inovação	36
3.7	Banco de Dados.....	38
3.8	ThingSpeak	39
3.9	Arduino	40
3.10	ESP32	42
3.11	Site Weather Underground	44
3.12	Business Intelligence	47
3.12.1	Power BI	47
4	MATERIAIS E MÉTODO.....	53
4.1	Materiais	53
4.1.1	Montagem das fases	54

4.2	Métodos.....	57
4.2.1	Montagem dos Sensores.....	57
4.2.2	Programação	58
4.2.3	Teste e Calibração.....	59
4.2.4	Instalação e Funcionamento.....	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	Análise da utilização do site Wunderground.com.....	61
5.2	Desenvolvimento do site próprio para visualização	62
5.2.1	Linguagens de programação	62
5.3	Monitoramento Eficiente	63
5.3.1	Criação do Site Próprio.....	66
5.3.1.1	<i>Desenvolvimento Novo Site Próprio com SOA.....</i>	67
5.3.1.2	<i>Visualização Dados de Sensoriamento</i>	75
5.4	Montagem física fase 4	78
6	DISCUSSÃO	81
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS.....	86
	ANEXO A - LAYOUT DO SITE DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UNISO	
		89

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e o avanço tecnológico têm impulsionado a necessidade de desenvolver cidades que sejam mais eficientes, sustentáveis e seguras. As chamadas cidades inteligentes (do inglês *smart cities*) são aquelas que utilizam a tecnologia para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes (Albino, 2015). Tem-se como exemplo a cidade de *Chengdu*, na China, *Songdo*, na Coréia do Sul ou ainda *Masdar*, nos Emirados Árabes Unidos (IESE Business School, 2018) e aquelas que são transformadas em cidades inteligentes (Kominos, 2008), passando a utilizar mais recursos tecnológicos como “Big Data” para melhorar os instrumentos de gestão (Lee, 2013), sensoriamento remoto para controle de tráfego, poluição, enchentes, e informações armazenadas na nuvem e atualizadas com grande periodicidade. Estas características tornam as cidades melhores, pois trazem soluções criativas para os problemas enfrentados pelos seus habitantes (Kominos, 2008). Pode-se dizer que existem dois tipos de CIS (Cidades Inteligentes e Sustentáveis), aquelas que sofrem a transformação para tal e as que já nascem com todas as características de uma CIS.

Dentro deste contexto, os sensores desempenham um papel crucial, uma vez que são responsáveis por coletar dados em tempo real e fornecer informações para o controle e gestão dos diversos aspectos envolvidos na vida urbana (Morozov; Bria, 2020). Além disso, todo esse processo pode ser transposto para aplicação na agricultura, uma vez que o uso de sensores dos mais variados tipos, como de pressão, temperatura, velocidade do vento, precipitação, umidade relativa do ar ou solo, insolação, dentre outros, tem se tornado comum no campo e as propriedades rurais podem ser tratadas de modo análogo às CIS.

O termo cidade inteligente, segundo definição de André Lemos (2013), pode ser entendido como:

Cidade Inteligente refere-se a processos informatizados sensíveis ao contexto, lidando com um gigantesco volume de dados (Big Data), redes em nuvens e comunicação autônoma entre diversos objetos (Internet das Coisas - IoT). Inteligente aqui é sinônimo de uma cidade na qual tudo é sensível ao ambiente, produz, consome e distribui muitas informações em tempo real.

O processo de transformação de uma CIS só não foi mais acelerado porque faltavam ferramentas que pudessem ser usadas como instrumentos para coleta,

tratamento e disponibilização da informação. Essa revolução só ocorreu nos últimos anos com a chegada da rede 5G (5^a geração de transferência móvel de dados e de internet), com a constante evolução e precisão de sistemas como a geolocalização (Pierce; Ricciardi; Zardini, 2017), com a chegada dos *smartphones*, com o barateamento dos sensores usados na coleta de informações, com a comunicação direta entre dispositivos IoT (Internet das coisas), com o armazenamento das informações na nuvem e sua posterior disponibilização através do tratamento dos dados coletados de forma rápida e ágil (Big Data), tudo isso necessário para a tomada assertiva de decisões (Pierce; Ricciardi; Zardini, 2017). Nesse sentido, a tomada de decisões por empresas, governos ou cidadãos torna-se mais fácil, eficiente e sustentável, uma vez que as informações são as mais variadas possíveis, podendo estar ligadas ao meio ambiente, por meio da coleta de dados de poluição ambiental, ao tráfego de veículos, a fim de minimizar congestionamentos, e até de segurança pública, através do monitoramento das ocorrências feitas pela população (Morozov; Bria, 2020).

No Brasil existem algumas iniciativas de se criarem *Smart Cities* sendo desenvolvidas em Porto Alegre, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, dentre outras cidades (ISCBC, 2023). Neste contexto, decidiu-se testar o conceito de CIS, desenvolvendo um projeto de uma miniestação meteorológica automática, que simulasse a produção de dados gerados por uma CIS, porém num ambiente controlado, mas que tivesse todas as características de uma cidade. Para isso escolheu-se a implantação desta miniestação meteorológica na Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi, sito a Rodovia Raposo Tavares Km 92.5, 18023-000, Sorocaba, SP. Este local abriga um dos *campi* da Universidade de Sorocaba (UNISO). A estação meteorológica foi instalada entre o prédio administrativo e o bloco A da Cidade Universitária. Os dados dos sensores são coletados em tempo real, recebidos do *ThingSpeak*, consumidos e disponibilizados aos interessados no *link*: <http://www.uniso.br/meteorologia>. O Power Bi é a plataforma para análise e tratamento desses dados. Neste trabalho, utiliza-se para implantar sensores mostrando através de uma aplicação simples em uma estação meteorológica, como é feito todo o processo de construção, implantação, coleta e tratamento dos dados e, finalmente, a disponibilização das informações para a população.

Na sequência apresentamos os tópicos que serão discutidos nos diferentes capítulos deste trabalho. No capítulo 2 trazemos os objetivos deste trabalho, no

capítulo 3 efetuamos um levantamento bibliográfico sobre os tópicos de interesse, no capítulo 4 discutimos o planejamento para a infraestrutura e os métodos de coleta de dados. No capítulo 5 foi concebido um método de formato próximo à documentação técnica, para se efetuar o cadastro em sites de interesse, necessários para o desenvolvimento deste projeto. Por fim, no capítulo 6 apresentamos nossas considerações finais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo principal é implementar os princípios que norteiam o desenvolvimento das Estações Meteorológicas automatizadas, abordando a importância dos dispositivos usados na construção dessas estações, como os diversos tipos de sensores, suas aplicações em sistemas de medições meteorológicas e aplicações em diferentes áreas, seu controle, geração de informações, coleta e tratamento dos dados por eles gerados.

2.2 Objetivos Específicos

Construir e colocar em funcionamento o protótipo de uma miniestação meteorológica automática.

Instalar esta miniestação no Campus da Universidade de Sorocaba, sítio na Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi, Rodovia Raposo Tavares Km 92.5, 18023-000, Sorocaba, SP.

Escolher e testar os sensores mais apropriados para a medição das variáveis meteorológicas consideradas essenciais para a operação desta miniestação meteorológica.

Implantar a coleta, tratamento e visualização dos dados provenientes desta estação meteorológica, usando como *hardware* (conversor analógico-digital) o Arduino modelo ESP32 e para tratamento e visualização dos dados o *software* Power BI.

Disponibilizar as informações geradas por este dispositivo para o público em geral, disponível no site oficial da Universidade de Sorocaba (<http://www.uniso.br/meteorologia>).

Pretendemos ainda neste projeto explorar os conceitos de *IoT* e *Designer Thinking*, com foco na implementação de sensores meteorológicos e seus impactos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Definição de Estação Meteorológica

Uma estação meteorológica é um conjunto de instrumentos e dispositivos usados para medir e registrar condições atmosféricas em um local específico. Essas estações são essenciais para monitorar o clima, prever o tempo e estudar mudanças climáticas. Existem dois principais tipos de estações meteorológicas: a manual (convencional) e a automática.

3.1.1 Estação Meteorológica Manual ou Convencional

As estações meteorológicas manuais, ou convencionais, dependem da leitura e registro de dados por observadores humanos. Elas utilizam instrumentos tradicionais, como termômetros, barômetros, anemômetros e pluviômetros, para medir condições meteorológicas. As principais características de uma estação meteorológica manual, conforme descrito por Burt (2012) e INMET (2024) são:

- Observação humana: a precisão e a consistência dos dados dependem da habilidade e experiência do operador. As leituras são feitas em intervalos regulares, geralmente de três em três horas.
- Anotações manuais: os dados coletados são registrados manualmente em cadernos de observação ou formulários específicos, e posteriormente digitados em sistemas eletrônicos para análise.
- Instrumentos analógicos: as estações manuais usam instrumentos que não dependem de eletrônica ou automação. Por exemplo, termômetros de mercúrio para temperatura e barômetros de mercúrio ou aneroides para pressão atmosférica.
- Necessidade de manutenção frequente: como os instrumentos podem sofrer desgaste ou perderem a calibração é necessário um esforço contínuo para garantir que eles estejam funcionando corretamente e fornecendo dados precisos.

- Capacidade de observação visual: os operadores podem registrar fenômenos que não são captados por sensores automáticos, como tipos específicos de nuvens, neblina, ou condições de visibilidade.

3.1.2 Estação Meteorológica Automática

As estações meteorológicas automáticas são sistemas avançados que utilizam sensores eletrônicos para coletar dados meteorológicos de forma contínua e automática. Esses sensores medem uma variedade de parâmetros, incluindo temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, precipitação, entre outros. Conforme Ioannou *et al.* (2021) e INMET (2024), as principais características de uma estação meteorológica são:

- Coleta de dados em tempo real: as estações automáticas registram dados meteorológicos em intervalos regulares, geralmente a cada minuto, o que permite uma monitoração contínua e em tempo real das condições atmosféricas.
- Transmissão de dados: esses dados são frequentemente transmitidos para centrais de coleta e análise via redes de comunicação, como internet ou satélites, possibilitando que meteorologistas e outros profissionais tenham acesso imediato às informações.
- Baixa necessidade de manutenção: como são automatizadas, essas estações requerem pouca intervenção humana, reduzindo a necessidade de visitas frequentes para manutenção e calibração.
- Alta precisão e confiabilidade: os sensores utilizados nas estações automáticas são geralmente de alta precisão, o que proporciona dados confiáveis para previsões meteorológicas e estudos climáticos.

- Resistência às condições adversas: Muitas estações automáticas são projetadas para operar em condições ambientais extremas, desde desertos quentes até regiões árticas.

Uma estação meteorológica padrão exige uma variedade de instrumentos essenciais para a monitorização precisa das condições atmosféricas. Entre os principais estão o termômetro, para medir a temperatura do ar; o higrômetro, para determinar a umidade relativa; o barômetro, para aferir a pressão atmosférica; o anemômetro, para calcular a velocidade do vento. Além disso, o pluviômetro é utilizado para quantificar a precipitação, enquanto o radiômetro mede a radiação solar. Esses instrumentos, geralmente integrados em sistemas automatizados, fornecem dados para a elaboração de previsões meteorológicas precisas e para a realização de estudos climáticos abrangentes.

3.2 Definição de sensores

Sensores são dispositivos que convertem grandezas físicas, como temperatura, pressão, luz, som ou movimento, em sinais elétricos ou mecânicos que podem ser medidos ou interpretados (McRoberts, 2018). Segundo Halliday, Resnick e Walker (2001) e Burt (2012), a temperatura pode ser medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou Kelvin (K). A umidade, que representa a quantidade de vapor de água no ar, é expressa em porcentagem (%) (Burt, 2012). A radiação ultravioleta é avaliada pelo Índice Ultravioleta (UV index). A pressão atmosférica é medida em hectopascals (hPa) ou milibares (mbar). A velocidade do vento pode ser registrada em quilômetros por hora (km/h) ou metros por segundo (m/s). A precipitação pluviométrica, que indica a quantidade de chuva acumulada, é medida em milímetros (mm) (Burt, 2012). Cada uma dessas grandezas físicas tem um valor específico e uma unidade de medida correspondente, permitindo quantificar e comparar fenômenos meteorológicos de maneira objetiva conforme Halliday, Resnick e Walker (2001) e Burt (2012). Eles são amplamente utilizados em diversas áreas, como automação industrial, sistemas de controle, instrumentação, eletrônica, entre outras (McRoberts, 2018), tendo sua classificação de acordo com o tipo de grandeza física que detectam, o princípio de funcionamento, a forma de conexão com o sistema de medição ou controle, entre outros critérios.

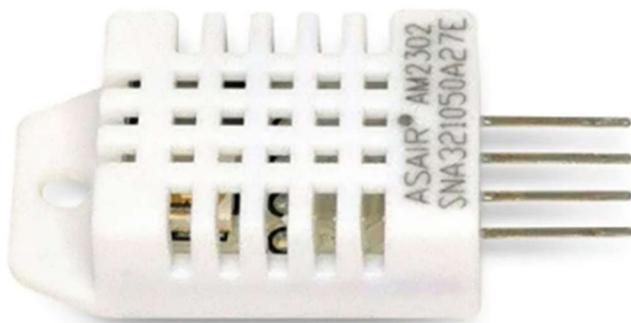
Os sensores são importantes ferramentas para a medição, monitoramento e controle de processos em diversos setores da indústria e da tecnologia. Eles permitem que dados precisos e em tempo real sejam coletados e processados para a tomada de decisões, controle de processos ou otimização de sistemas (Monk, 2014).

3.2.1 Sensor de Temperatura

Usado para analisar a temperatura em determinados ambientes, é muito utilizado em locais que necessitam de controle da temperatura para a tomada de decisões, ou para efetuar modificações necessárias no sistema ou ambiente que envolvam a variável temperatura (McRoberts, 2018), como por exemplo, em um freezer ou geladeira ligando-a ou desligando-a na temperatura programada, em um laboratório que necessite controle rigoroso da temperatura para que determinado processo ocorra conforme o planejado, dentre tantos outros.

A Figura 1 mostra um sensor de temperatura do tipo DHT22 que é um dispositivo semicondutor muito utilizado para medir temperatura com precisão em uma variedade de aplicações.

Figura 1 - Sensor de Temperatura DHT-22



Fonte: USINAINFO: eletrônica e robótica. Santo Ângelo, 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

Os indicadores do DHT22 são conhecidos por sua precisão, facilidade de uso e ampla faixa de medição. Desenvolvido pela *National Semiconductor*, o DHT22 é amplamente utilizado em uma variedade de aplicações que exigem medição precisa de temperatura e umidade relativa do ar, sendo construído com um sensor de umidade capacitivo e um termistor de alta precisão, integrados em um único chip.

Sua saída digital fornece leituras de temperatura e umidade relativa do ar de forma precisa e confiável.

Uma das vantagens é sua margem de erro pequena em comparação com outros sensores similares. Além disso, sua saída digital simplifica a integração com microcontroladores e sistemas embarcados, como o Arduino e ESP32 (McRoberts, 2018).

Sua faixa de medição de temperatura típica de -40°C a 80°C, com uma resolução de 0,1°C. Para a umidade relativa do ar, a faixa de medição é de 0% a 100%, com uma resolução de 0,1% (Usinainfo, 2024). Uma das observações é que apresenta limitações, como uma sensibilidade moderada a ambientes extremamente úmidos e a necessidade de calibração periódica para manter a precisão das leituras ao longo do tempo (Oliveira, 2017).

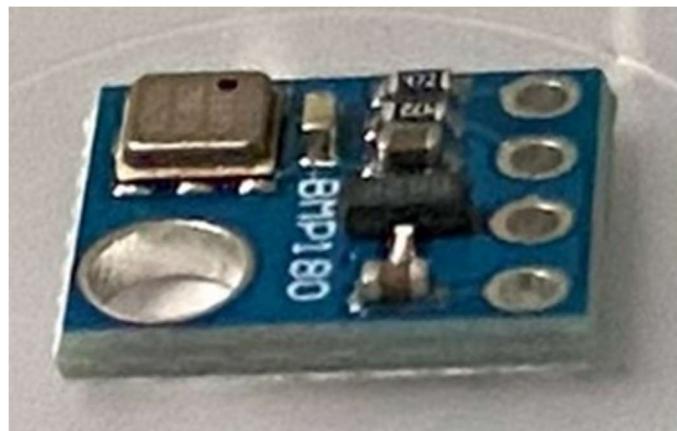
3.2.2 Sensor de Pressão Atmosférica

São usados para medir a pressão do ar, água ou outros fluidos. Eles são usados em uma ampla variedade de aplicações, incluindo controle de processos industriais, monitoramento ambiental e medição de desempenho de veículos, podendo ser divididos em dois tipos principais: sensores de pressão piezelétricos (McRoberts, 2018) e sensores de pressão capacitivos (Oliveira, 2017). Ambos os tipos de sensores são sensíveis, mas os piezelétricos são mais apropriados para medições dinâmicas, pois não necessitam de alimentação externa e respondem rapidamente a variações de pressão (Oliveira, 2017). Por outro lado, os sensores capacitivos oferecem maior precisão e estabilidade a longo prazo, mas necessitam de uma fonte de alimentação externa e são mais adequados para medições estáticas (Eichhorn, 2018). Cada tipo de sensor é mais adequado para determinadas aplicações, dependendo dos requisitos específicos de medição.

Sensores de pressão atmosférica BMP180 é do tipo piezo resistivo que entra na classificação de pressão piezelétricos. A Figura 2 mostra um sensor de pressão atmosférica do tipo BMP-180, que se trata de um dispositivo desenvolvido pela Bosch Sensortec, reconhecido por sua precisão, baixo consumo de energia e integração sensor de temperatura. Este sensor converte a pressão atmosférica em um sinal elétrico proporcional, o qual é então digitalizado e disponibilizado este sinal através de uma porta de saída. No entanto, é importante considerar que o BMP180 pode ser

sensível a variações na temperatura e pressão atmosférica, o que pode afetar sua precisão em algumas situações.

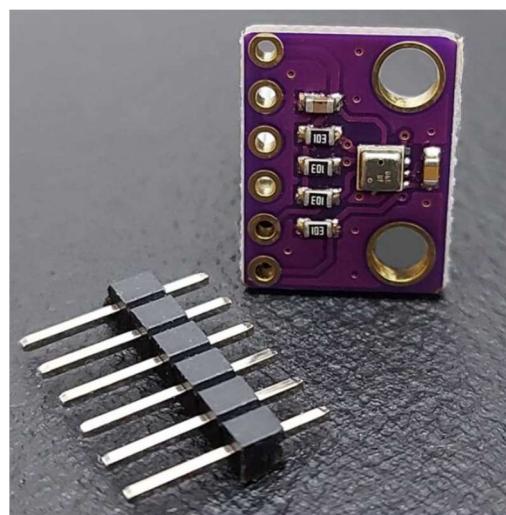
Figura 2 - Sensor de pressão atmosférica BMP-180



Fonte: Elaboração própria (2024).

O Sensor BME280, mostrado na Figura 3, é um dispositivo versátil que mede pressão atmosférica, umidade e temperatura.

Figura 3 - Sensor de pressão atmosférica, temperatura e umidade BME- 280



Fonte: MAMUTE ELETRÔNICA. São Paulo, 2024. Disponível em:
<https://www.mamuteeletronica.com.br/>.
Acesso em: 28 jan. 2024.

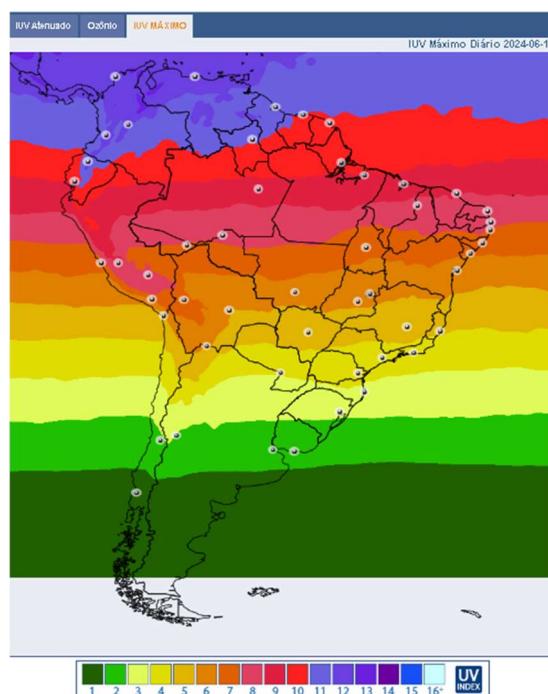
A sua faixa de tensão de trabalho e operação varia de 1,8V a 3,6V. A leitura de umidade relativa é apresentada no intervalo que vai de 0% a 100%. A medida da temperatura tem precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e opera na faixa de -40°C a 85°C . Obtém-se leituras de pressão de 300 hPa a 1100 hPa (Usinainfo, 2024). Sendo amplamente

empregado em uma variedade de projetos, incluindo estações meteorológicas, navegação GPS, Internet das Coisas (IoT), automação residencial e outras aplicações (Oliveira, 2017).

3.2.3 Sensor Ultravioleta

Os sensores de UV (ultravioleta) são dispositivos que detectam a radiação ultravioleta no espectro eletromagnético. O material sensível produz uma corrente elétrica ou modifica suas propriedades elétricas, cuja detecção e medição estão correlacionadas com a categoria e o nível específico do índice ultravioleta (Usinainfo, 2024), conforme definido os parâmetros pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022). Isso é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Índice UV diário máximo Brasil



Fonte: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Índice ultravioleta. CPTEC, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

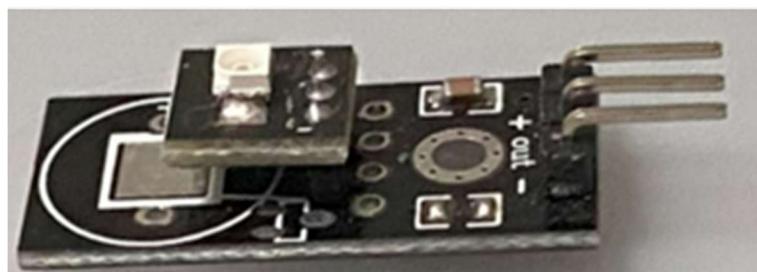
A escala utilizada e as recomendações da OMS (WHO, 2022), varia de 1 a 16, com categorias específicas para cada nível de risco. Quando o índice UV está entre 1 e 2, o risco de danos pela exposição ao sol é mínimo para a maioria das pessoas,

mas ainda é recomendado determinadas proteções leves como uso de óculos de sol em dias ensolarados para proteger os olhos. Com um índice entre 3 e 5, há um risco leve de danos causados pela exposição ao sol. Para proteção, recomenda-se o uso de protetor solar, chapéus e buscar sombra durante o meio-dia, quando a radiação UV é mais intensa (WHO, 2022).

Quando o índice está entre 6 e 7, o risco de danos pela exposição ao sol é elevado. É importante usar protetor solar com fator de proteção solar (SPF) 30 ou superior, roupas protetoras e evitar a exposição direta ao sol, especialmente nas horas de maior intensidade (10h às 16h). Se o índice estiver entre 8 e 10, o risco de danos pela exposição ao sol é muito elevado. Devem-se adotar todas as medidas de proteção mencionadas anteriormente e limitar o tempo de exposição ao sol durante o período mais intenso do dia. Para índices de 11 ou mais, o risco de danos pela exposição ao sol é extremo, e a exposição ao sol deve ser evitada ao máximo.

O sensor UVM30A é um sensor de UV (ultravioleta) popularmente usado para detectar radiação ultravioleta em uma variedade de aplicações. A Figura 5 mostra um sensor Ultravioleta UVM30A (Usinainfo, 2024).

Figura 5 - Sensor Ultravioleta UVM30A



Fonte: Elaboração própria (2024).

O sensor UVM30A geralmente detecta radiação UV na faixa de 200 a 370 nanômetros (nm), fornece uma saída analógica proporcional à intensidade da radiação UV detectada. Isso significa que a tensão de saída do sensor varia dependendo da quantidade de radiação UV que está sendo detectada (Usinainfo, 2024). A faixa típica de temperatura de operação é de -20°C a 85°C. Isso indica a faixa de temperatura dentro da qual o sensor pode operar de maneira confiável. Suas aplicações são na detecção de luz UV em lâmpadas germicidas, exposição solar, monitoramento ambiental e outros sistemas que exigem detecção de radiação UV (Usinainfo, 2024).

O Sensor de Luz Ultravioleta (UV) GUVA-S12SD foi projetado especificamente para ser integrado a sistemas microcontroladores, como o Arduino e o ESP32. Para analisar os índices UV capturados pelo sensor, o fabricante fornece uma tabela de referência. Esta tabela correlaciona o Índice UV, que mede a intensidade da radiação ultravioleta solar, com a saída de tensão do sensor (V_{out}) em milivolts (mV) e o valor analógico correspondente, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Índice UV x Sinal de Saída Guva-S12SD

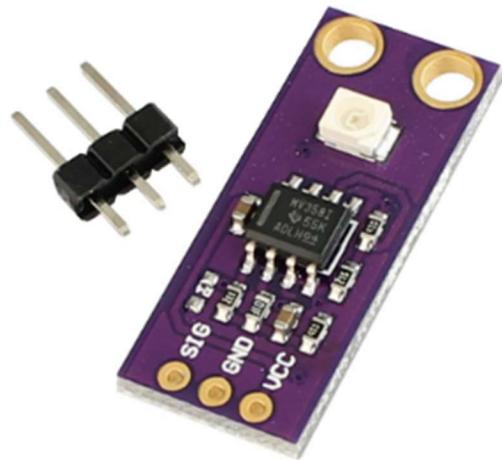
UV Index	0	1	2	3	4	5
V_{out} (mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11+
V_{out} (mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

Fonte: USINAINFO: eletrônica e robótica. Santo
Ângelo, 2024. Disponível em:
<https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 16 jul.
2024.

O Índice UV varia de 0 a 11+, onde 0 representa a menor intensidade de radiação UV e 11+ representa a maior. Para cada valor do Índice UV, a tabela fornece a saída de tensão correspondente e o valor analógico. À medida que o Índice UV aumenta, tanto a saída de tensão quanto o valor analógico aumentam proporcionalmente. Por exemplo, um Índice UV de 0 corresponde a uma saída de tensão inferior a 50 mV e um valor analógico inferior a 10. Por outro lado, um Índice UV de 11+ corresponde a uma saída de tensão superior a 1170 mV e um valor analógico superior a 240. Essa tabela serve como uma ferramenta essencial para converter as leituras do sensor em um Índice UV padronizado. Isso permite avaliar o risco de queimaduras solares devido à exposição à radiação ultravioleta.

Este dispositivo é capaz de detectar o nível de radiação solar UV através do seu chip exclusivo GUVA-S12SD, Figura 7. Isso o torna útil em projetos que visam monitorar a radiação ultravioleta emitida pela luz solar ou por lâmpadas UV.

Figura 7 - Sensor Ultravioleta GUVA-S12SD



Fonte: USINAINFO: eletrônica e robótica.
Santo Ângelo, 2024. Disponível em:
<https://www.usinainfo.com.br/>.
Acesso em: 16 jul. 2024.

A operação do Sensor de Luz UV Ultravioleta GUVA-S12SD é bastante simples. Ele trabalha com tensões de 2.5V a 5V e fornece sinais analógicos ao microcontrolador (Usinainfo, 2024). A tensão de saída varia de acordo com o nível de raios UV detectados.

3.2.4 Anemômetro SV10

O Anemômetro SV10, também conhecido como sensor de vento, é um dispositivo eletrônico projetado para medir a velocidade do vento. Este equipamento é amplamente utilizado em projetos que envolvem plataformas com microcontroladores, incluindo Arduino e ESP32. Este anemômetro é do tipo copo, conforme demonstrado na Figura 8, caracterizado por sua alta performance na medição do vento e resistência superior a agentes externos. Isso se deve ao fato de seus copos serem fabricados em alumínio de alta durabilidade.

Figura 8 - Anemômetro SV10



Fonte: USINAINFO: eletrônica e robótica. Santo Ângelo, 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

Conforme especificações técnicas encontradas nos descriptivos técnicos do fornecedor, as conexões com o sistema do microcontrolador são simplificadas, necessitando apenas de dois fios e pode ser aplicado em diversos ambientes como estufas, áreas de proteção ambiental monitoradas, estações meteorológicas e todo ambiente que necessite um controle de velocidade do vento. Este sensor de vento é capaz de ler a velocidade do vento de 0 a 33,33 m/s, o que equivale a 120 km/h. Além disso, permite a fixação de um tubo de até 35mm em seu suporte (Usinainfo, 2024).

3.2.5 Pluviômetro PB10 de Báscula

O Pluviômetro PB10 de Báscula é um módulo mecânico-eletrônico que foi projetado especificamente para a implementação de estações meteorológicas (Usinainfo, 2024). Sua principal função é monitorar a quantidade de precipitação pluvial em diversos ambientes que necessitam medir a quantidade de chuva que cai em um determinado período, como áreas de proteção ambiental, aeroportos, áreas agrícolas, além de ser útil para o monitoramento de irrigação artificial. Internamente, o Pluviômetro de Báscula possui uma báscula que mede a precipitação da chuva. A cada 0,25mm de chuva acumulada, o sensor integrado ao equipamento emite um pulso (Usinainfo, 2024). Este pulso pode ser interpretado e lido diretamente na porta digital de um Arduino ou outro microcontrolador como o ESP32. Para facilitar a

instalação, o Pluviômetro PB10 é fornecido com suporte e braçadeiras, permitindo que seja instalado em uma ampla variedade de locais, dependendo apenas da preferência do usuário (Usinainfo, 2024). Esta característica mostrada na Figura 9, o torna uma ferramenta versátil e adaptável às necessidades específicas de cada projeto.

Figura 9 - Pluviômetro PB10



Fonte: USINAINFO: eletrônica e robótica. Santo Ângelo, 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

Este equipamento destaca-se pela sua durabilidade, uma vez que é inteiramente fabricado em alumínio, resistindo eficientemente às intempéries climáticas. Além disso, possui um sensor com auto esvaziamento, que permite a liberação da água já registrada do recipiente, evitando o acúmulo excessivo (Usinainfo, 2024).

3.3 Arquitetura Orientada a Serviços

A Arquitetura Orientada a Serviços SOA (*Service Oriented Architecture*), é um paradigma de *design de software* em que os serviços são fornecidos por meio de uma rede (Koskela; Rahikainen; Wan, 2007). Esses serviços são bem definidos, independentes e comunicam-se uns com os outros para realizar tarefas de negócios mais amplas, como abstração, capacidade de reutilização, composição e descoberta que são alguns dos princípios fundamentais da SOA. Os serviços em SOA são

concebidos para serem independentes e podem ser combinados para criar aplicativos mais complexos (Koskela; Rahikainen; Wan, 2007).

A SOA é uma arquitetura de *software* que organiza sistemas e aplicações em serviços. Esses serviços são unidades autônomas que podem ser consumidas por outros sistemas e aplicações, independentemente de sua plataforma ou tecnologia.

Os sistemas e aplicações são organizados em serviços, tanto para fornecimento quanto para consumo. A Figura 10 mostra a hierarquia da sua divisão de serviços.

Figura 10 - Elementos SOA

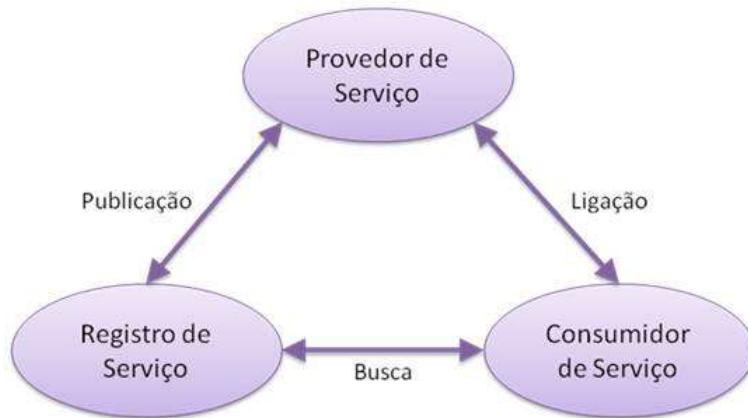


Fonte: AMAZON WEB SERVICES. O que é SOA (arquitetura orientada a serviços)? AWS, [Seattle], 2024. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/service-oriented-architecture/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

Os serviços são independentes da plataforma ou tecnologia que os implementa e oferecem uma série de benefícios, incluindo a capacidade de reutilização, pois os serviços podem ser reutilizados por diferentes sistemas e aplicações, o que reduz o custo de desenvolvimento e manutenção; flexibilidade pois podem ser facilmente modificados ou atualizados, o que facilita a adaptação às mudanças nos requisitos; escalabilidade, sendo facilmente escalados para atender a demandas crescentes (AWS, 2024). Outro benefício é a interoperabilidade, podendo ser consumido por

sistemas e aplicações de diferentes plataformas e tecnologias, o que facilita a integração de sistemas heterogêneos. Esta arquitetura de software tem sido amplamente adotada por empresas de todos os tamanhos (Koskela; Rahikainen; Wan, 2007). É uma arquitetura flexível e escalável que pode ajudar as empresas a reduzirem custos, aumentar a flexibilidade e melhorar a interoperabilidade. A Figura 11 mostra os agentes da arquitetura SOA e seus serviços.

Figura 11 - Agentes de uma arquitetura SOA



Fonte: FUGITA, Henrique Shoiti; CARVALHO JR., Davi. Método de análise e projetos em SOA. **DevMedia**, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: www.devmedia.com.br/metodo-de-analise-e-projetos-em-soa/18731. Acesso em: 10 mar. 2024.

Alguns serviços que podem ser implementados através da SOA são os de negócios, infraestrutura e colaboração (Fugita; Carvalho Jr., 2024), todos voltados para fornecimento de recursos que permitam colaboração entre usuários e outros softwares (Koskela; Rahikainen; Wan, 2007). Os serviços podem ser implementados em uma variedade de tecnologias, incluindo Java, .NET, PHP, Python, Ruby etc. A escolha da tecnologia depende das necessidades específicas do serviço (Fugita; Carvalho Jr., 2024).

3.4 Utilização de sensores para controle meteorológico

Os sensores são usados para coletar todos os tipos de dados meteorológicos, conforme já citados: temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica, radiação solar, dentre outros (McRoberts, 2018).

Existem diferentes tipos de sensores meteorológicos, cada um projetado para medir um parâmetro específico. Os sensores meteorológicos podem ser usados em uma variedade de configurações, incluindo estações meteorológicas que compreendem um conjunto de sensores utilizados para coletar dados meteorológicos em um local específico, satélites meteorológicos que são usados para coletar esses dados de uma grande área, e drones os quais são usados para coletar dados meteorológicos em áreas remotas ou perigosas (Elysios, 2022).

3.5 Internet das Coisas (IoT)

A IoT revolucionou vários setores, e seu potencial é particularmente promissor no domínio de cidades inteligentes (Oliveira, 2017). A aplicação da tecnologia IoT em áreas urbanas abre novas oportunidades para o gerenciamento eficiente de recursos, serviços aprimorados aos cidadãos e maior sustentabilidade.

O pensamento IoT refere-se à integração de vários dispositivos de detecção e tecnologias para criar uma rede de sistemas interconectados (Oliveira, 2017). Esses sistemas são projetados para coletar e processar dados em tempo real, levando a informações valiosas que permitem a tomada de decisões e o gerenciamento de recursos eficazes (Lee, 2013). Do monitoramento de tráfego ao gerenciamento de resíduos, o pensamento da IoT pode revolucionar a maneira como as cidades operam (Nam, 2011).

Neste sentido, os sensores desempenham um papel crucial na implementação da IoT em CIS. Esses dispositivos eletrônicos são responsáveis por capturar dados do ambiente físico e transmiti-los para uma infraestrutura de nuvem para análise. Esses dados podem ajudar as autoridades municipais e os planejadores urbanos a tomar decisões informadas e elaborar estratégias para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos (Nam, 2011).

3.5.1 Design Thinking

O *design thinking* é uma abordagem de solução de problemas que enfatiza a importância da empatia, inovação e colaboração no processo de *design*. Ele ganhou reconhecimento significativo em vários campos, incluindo negócios, educação e tecnologia (Nam, 2018).

Uma área em que o *design thinking* encontrou aplicação significativa é no desenvolvimento de cidades inteligentes. As cidades inteligentes utilizam várias tecnologias digitais e sistemas baseados em dados para melhorar a qualidade de vida de seus residentes (Nam, 2011). O sensoriamento desempenha um papel crítico na coleta de dados da infraestrutura e do ambiente da cidade, permitindo a tomada de decisões e a alocação de recursos eficazes (Lee, 2013). A aplicação de princípios de *design thinking* ao desenvolvimento e implementação de tais sistemas de sensoriamento pode levar a soluções mais eficientes e centradas no usuário.

No contexto de sensoriamento, é crucial entender as necessidades e experiências dos usuários (Elysios, 2022). Por exemplo, antes de implementar um sistema de transporte inteligente com sensores, os projetistas precisam ter empatia com os passageiros e entender seus pontos problemáticos e expectativas. Isso pode envolver a realização de pesquisas ou entrevistas para coletar dados qualitativos sobre os desafios enfrentados pelos passageiros e suas aspirações por um sistema de transporte melhor (Nam, 2011).

O *design thinking* é destacado como uma abordagem fundamental para aumentar os benefícios do sensoriamento nas cidades. Nam (2011), argumenta que as abordagens tradicionais para o desenvolvimento de cidades inteligentes geralmente se concentram apenas nos aspectos tecnológicos, negligenciando o elemento humano. O *design thinking*, com sua abordagem centrada no ser humano, ajuda a preencher essa lacuna, colocando as necessidades e experiências dos residentes em primeiro plano.

3.6 Inovação

Inovação é o processo de criação e implementação de novas ideias ou melhorias em produtos, serviços, processos ou modelos de negócios (Johnson, 2011). É um processo contínuo que busca a melhoria contínua e a criação de novos valores para a empresa, clientes e sociedade. Segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2005), inovação é:

[...] a implementação de um novo ou significativamente melhorado produto (bem ou serviço), processo, método de *marketing*, ou método organizacional nas práticas de negócios, organização do local de trabalho ou relações externas.

A inovação é um fator essencial para o crescimento e o desenvolvimento das empresas, dos países e da sociedade como um todo (Johnson, 2011). Podendo gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais, como o aumento da produtividade e da competitividade das empresas, criação de novos empregos e oportunidades de negócios, melhoria da qualidade de vida das pessoas e a redução de impactos ambientais (Aqua, 2023).

Existem diferentes tipos de inovação, que podem ser classificados de acordo com o seu impacto no mercado, no processo ou no modelo de negócios, porém o método radical, incremental e disruptivo são os tipos principais e mais aplicados (Johnson, 2011). Inovação radical: é aquela que gera um novo mercado ou segmento de mercado (Schumpeter, 1939), tendo como alguns dos principais exemplos a criação do computador pessoal, a internet e o *smartphone*. Inovação incremental: melhora um produto ou serviço existente (Schumpeter, 1939), tendo como exemplo a adição de novas funcionalidades a um software, a melhoria da qualidade de um produto ou a redução do seu preço. Inovação disruptiva: é aquela que substitui um produto ou serviço existente por um novo e mais eficiente (Christensen, 2018) como a substituição das máquinas de escrever pelos computadores, a substituição das fitas cassete pelos CDs e a substituição dos CDs pelos smartphones e subsequentemente alguma tecnologia irá substituir os smartphones, possivelmente os óculos de realidade virtual ou alguma tecnologia inovadora.

Existem diferentes métodos de inovação, que podem ser utilizados pelas empresas para gerar novas ideias e implementá-las. Alguns dos métodos mais comuns, estão a Inovação aberta, que é uma abordagem que incentiva a colaboração entre empresas, universidades, governos e outros atores (Guns, 1998). *Design Thinking* que é uma abordagem que enfatiza a empatia, a colaboração e a experimentação (Brown, 2008). Aprendizagem organizacional que é o processo de criação e disseminação de conhecimento dentro das empresas (Guns, 1998).

O processo de inovação pode ser dividido em quatro etapas principais sendo a geração de ideias, onde são identificadas e exploradas novas oportunidades de inovação, validação de ideias, onde as ideias são testadas e avaliadas para verificar sua viabilidade desenvolvimento que corresponde a transformação em produtos, serviços, processos ou modelos de negócios e finalmente, a implementação onde as inovações colocadas em prática e lançadas no mercado (Johnson, 2011).

As formas aplicadas de inovação podem ser classificadas de acordo com o seu foco principal, que pode ser o produto, serviço, processo, *marketing* ou a organização (Christensen, 2018). Em relação aos produtos, há a criação de novos produtos ou na melhoria de produtos existentes; melhoria de serviços existentes; melhoria dos processos de produção, distribuição ou atendimento ao cliente; inovação de marketing e estratégias de ações; organização voltada a melhoria da estrutura, dos processos e da cultura organizacional (Brown, 2008).

A inovação nas cidades inteligentes são implantações necessárias focadas em sempre estar desenvolvendo e modificando, como na cidade de São Paulo, onde o sistema de semáforos inteligentes utiliza câmeras e sensores para monitorar o tráfego e ajustar os tempos dos semáforos de forma automática, o que reduz o congestionamento (Carvalho *et al.*, 2020). Outros exemplos incluem Londres, onde um sistema de coleta de resíduos inteligentes utiliza sensores para identificar os locais onde os resíduos estão acumulados, o que permite que os caminhões de coleta sejam direcionados de forma mais eficiente; Barcelona, onde foi implantado um sistema de iluminação pública inteligente que utiliza sensores para ajustar a intensidade da iluminação de acordo com a iluminação natural, o que reduz o consumo de energia (Aqua, 2023) , em Nova York, que utiliza um sistema de câmeras inteligentes para detectar atividades criminosas, o que permite que a polícia seja enviada mais rapidamente para os locais onde ocorrem crimes e finalmente, Singapura, que possui um sistema de saúde inteligente e utiliza dados para identificar pessoas com risco de doenças, o que permite que elas recebam tratamento preventivo (Aqua, 2023).

3.7 Banco de Dados

Um banco de dados consiste em uma compilação sistematizada de informações, geralmente preservadas eletronicamente por meio de um sistema computacional. Em relação à importância da informação, é amplamente reconhecido que esta desempenha um papel crucial na sociedade contemporânea, servindo como um recurso fundamental tanto para indivíduos quanto para empresas no processo de tomada de decisões (Oliveira, 2000).

A manutenção de registros é um aspecto essencial da sociedade, e o poder da computação está intimamente ligado à utilização de bases de dados (Martelli; Santana Filho; Cabral, 2018) e além da manutenção há o gerenciamento de grandes volumes

de dados (Big Data), a integração de dados de diferentes fontes e os avanços em tecnologias de armazenamento e processamento de dados. Compreender os conceitos básicos é crucial para profissionais de informática, desenvolvedores de software, analistas de dados e qualquer pessoa envolvida no projeto e manutenção de sistemas de informação. Em bancos de dados, o conceito de "relacionamento" descreve a maneira como as tabelas estão associadas entre si, estabelecendo conexões lógicas entre os dados (Oliveira, 2000). Essas relações são cruciais para evitar a redundância de informações e manter a consistência dos dados armazenados. Existem diferentes tipos de relacionamentos, cada um com suas características específicas.

Uma estrutura fundamental para a organização e recuperação eficiente de dados em sistemas de gerenciamento de banco de dados é o relacionamento entre tabelas, permitindo a construção de consultas complexas e a integração de diversas fontes de informação, a associação entre entidades (tabelas) distintas (Oliveira, 2000).

A utilização da chave estrangeira (FK - *Foreign Key*) é uma prática comum ao criar relacionamentos entre tabelas. Uma chave estrangeira é uma coluna (ou combinação de colunas) em uma tabela faz referência a uma chave primária em outra tabela (Oliveira, 2000). Isso estabelece uma relação entre as duas tabelas, permitindo que se efetuem associações dos dados entre elas.

Um banco de dados utilizado é o BD WEB, pois é essencial para a maioria dos sites e aplicações que são executados *on-line*. Ele armazena e organiza informações de maneira eficiente, permitindo que os usuários acessem, manipulem e analisem dados com facilidade. Em termos simples, um banco de dados WEB é um repositório central de dados que pode ser acessado por meio de uma interface web. Ele armazena informações em formato estruturado, facilitando a consulta, atualização e recuperação de dados (Martelli; Santana Filho; Cabral, 2018).

3.8 ThingSpeak

O *ThingSpeak* é uma plataforma de código aberto que facilita a coleta, armazenamento e análise de dados na Internet das Coisas (IoT), que é a interconexão de dispositivos físicos através da internet (Oliveira, 2017).

Os sensores coletam dados e o microcontrolador processa esses dados, integra e envia através da internet para o *ThingSpeak*, utilizando protocolo

padronizado da plataforma, como chave (*KEY*) de acesso. A partir desses protocolos internos é possível fornecer diversos gráficos e tabelas em tempo real, podendo ser criadas visualizações personalizadas usando as API's (*Application Programming Interface*) permitindo que desenvolvedores possam interagir com os serviços e funcionalidades oferecidas pela plataforma facilitando o envio e recebimento dos dados para a plataforma *ThingSpeak* (Oliveira, 2017).

Para analisar os dados enviados, o *ThingSpeak* oferece recursos como estatísticas, funções matemáticas e alertas. Sua API facilita a exportação desses dados para outras plataformas para análises mais aprofundadas e utilizada como uma ferramenta de serviços *IoT*, podendo ser consumidos os serviços (SOA), permitindo a sua utilização para diversos fins, incluindo monitoramento ambiental, rastrear uso de energia e automação para ajustes com base nos dados coletados, como ligar ou desligar termostato com base na temperatura do ambiente.

3.9 Arduino

Arduino é uma plataforma de *prototype* (prototipagem) para eletrônica de hardware (computação física), desenvolvida para criação e desenvolvimento de projetos interativos independentes ou em colaboração com programas do computador, podendo ser desde um simples LED (*Light Emitting Diode*) interno no próprio Arduino, identificado como LedPin13, sensores em diversos ambientes e envio para uma base de dados via WEB até se efetuar projetos mais complexos como automatização de robôs (McRoberts, 2018). O Arduino oferece uma placa controladora (*hardware*) com pinos de entrada e saída, permitindo conectar diversos componentes eletrônicos como sensores, LED's, motores e atuadores (Oliveira, 2017). Esse *Hardware* é gerenciado utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado (*software*), gratuito, de fácil utilização, por se tratar de sistema *open source* (código aberto), o software do Arduino, conhecido como *Integrated Development Environment* (IDE), pode ser efetuado o *download* gratuito no site oficial do Arduino www.arduino.cc (Monk, 2014).

A plataforma Arduino oferece uma gama de placas com diferentes características e funcionalidades, atendendo às necessidades específicas de cada projeto (McRoberts, 2018). A linguagem de programação é simples e baseada em C/C++, é amigável para iniciantes e permite a criação de programas com facilidade.

A comunidade *Open Source Initiative*, que é uma rede global de criadores e entusiastas (*makers*), oferece suporte e inspiração. Ela disponibiliza fóruns, tutoriais e projetos prontos para consulta, servindo como recurso valioso para todos os interessados (McRoberts, 2018).

As placas Arduino podem ser expandidas com *Shields*, placas de expansão que agregam funcionalidades específicas como conectividade *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Ethernet*, *ZigBee*, *LoRa* e outros protocolos de comunicação, pode realizar sensoriamento utilizando acelerômetros, giroscópios, magnetômetros, sensores de luz, temperatura, umidade etc. Projetos iniciais podem ir além dos *Shields* como a prototipagem personalizada ao se criarem *Shields* próprios para funcionalidades específicas. A integração com outros sistemas conecta o Arduino a outros dispositivos e plataformas, ocorrendo normalmente uma escalabilidade.

A linguagem de programação do Arduino é usada para controlar placas Arduino e realizar várias tarefas. A seguir, são citadas algumas das funções e estruturas principais utilizadas para programar um sistema de gerenciamento de sensores e/ou atuadores pelas placas de Arduino como funções de entradas e saídas digitais:

- **`digitalRead()`**: Lê o estado de um pino digital (alto ou baixo).
- **`digitalWrite()`**: Define o estado de um pino digital (alto ou baixo).
- **`pinMode()`**: Configura um pino como entrada ou saída digital.

Podendo também trabalhar com funções de entradas e saídas analógicas:

- **`analogRead()`**: Lê o valor analógico de um pino.
- **`analogWrite()`**: Define a saída analógica de um pino (PWM).

Para atrasar ou agendar envios e recebimentos em milissegundos, pode utilizar funções temporizadoras:

- **`delay()`**: Pausa a execução por um determinado período de tempo (em milissegundos).
- **`millis()`**: Retorna o tempo decorrido desde o início do programa (em milissegundos).

Estruturas:

- **`setup()`**: Função executada uma vez no início do programa.
- **`loop()`**: Função executada continuamente após o `setup()`.

Operadores Aritméticos:

- **`+, -, *, /, %`**: Operadores básicos para cálculos matemáticos.

Variáveis e Constantes:

- **int, float, boolean, etc.:** Tipos de dados para armazenar valores.
- **const:** Qualificador para constantes.

3.10 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador Wi-Fi e Bluetooth de baixo custo, ideal para projetos de Internet das Coisas (IoT) (Kurniawan, 2019). Ele combina um poderoso processador Xtensa LX106 de 32 bits com recursos avançados de conectividade, tornando-o uma plataforma versátil para uma ampla gama de aplicações (Espressif System, 2024). O ESP32 e o Arduino são duas plataformas de desenvolvimento de microcontroladores populares entre entusiastas da eletrônica, *Makers* e profissionais. Ambas as plataformas oferecem recursos e funcionalidades que as tornam adequadas para uma variedade de projetos, desde prototipagem simples até dispositivos IoT complexos e entre as diferenças destas plataformas de desenvolvimento destacam-se os itens como conectividade, processamento, memória e periféricos (Kurniawan, 2019).

Com relação a conectividade há o ESP32 com Wi-Fi 802.11 b/g/n e Bluetooth 4.2 BLE integrados. Dispositivos que se comunicam entre si, podendo também se conectar à internet sem a necessidade de módulos adicionais ((Espressif System, 2024). As possibilidades de redes *Wi-Fi mesh* e *Bluetooth Low Energy* (BLE) para ampliar ainda mais o alcance e a versatilidade dos projetos, o Arduino Uno a conectividade wireless não está presente nativamente. Para adicionar *Wi-Fi* e *Bluetooth*, há a necessidade de adquirirem *Shields* específicas, o que aumenta o custo e a complexidade do projeto (Oliveira, 2017).

O processamento do ESP32 é utilizado um *Xtensa LX106* de 32 bits dual-core de até 240 MHz ((Espressif System, 2024), o Arduino Uno Inicia a partir de um processador Atmega328P de 8 bits de 16 MHz. Sua simplicidade facilita o aprendizado, mas pode ser um fator limitante para projetos que exigem mais desempenho (Monk, 2014).

A memória do ESP32 armazena até 4MB de memória flash e SRAM. Ampliando ainda mais a capacidade de memória com suporte a PSRAM externa (Oliveira, 2017), o Arduino Uno utiliza memória flash e SRAM limitadas até 32KB, podendo ser um obstáculo para projetos mais complexos, implicando em menos códigos e dados que

podem estar sendo armazenados, caso seja requisitado o uso de mais periféricos, para compensar essas limitações em projetos mais elaborados (Monk, 2014). Essas diferenças estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo entre ESP32 e Arduino Uno

Característica	ESP32	Arduino Uno
Conectividade	Wi-Fi, Bluetooth	Sem conectividade
Processador	32 bits, dual-core	8 bits
Memória	Mais memória	Memória limitada
Interfaces	Mais interfaces	Menos interfaces
Periféricos	Sensor de temperatura, sensor Hall	Sem sensores
OTA updates	Suporta	Não suporta
Custo	Menor custo	Maior custo

Fonte: Elaboração própria (2024).

O periférico do ESP32 tem uma gama mais ampla de sensores e, para se explorar novas possibilidades e construir projetos mais sofisticados ((Espressif System, 2024), o Arduino Uno tem as interfaces de E/S mais limitadas, o que pode restringir a conectividade do projeto. A quantidade de dispositivos conectados ao Arduino será menor. Sua atualização é simplificada do firmware com suporte a updates via Wi-Fi (SOA), no Arduino Uno as atualizações de firmware exigem programação manual e os sensores não estão presentes, o que limita as funcionalidades do projeto.

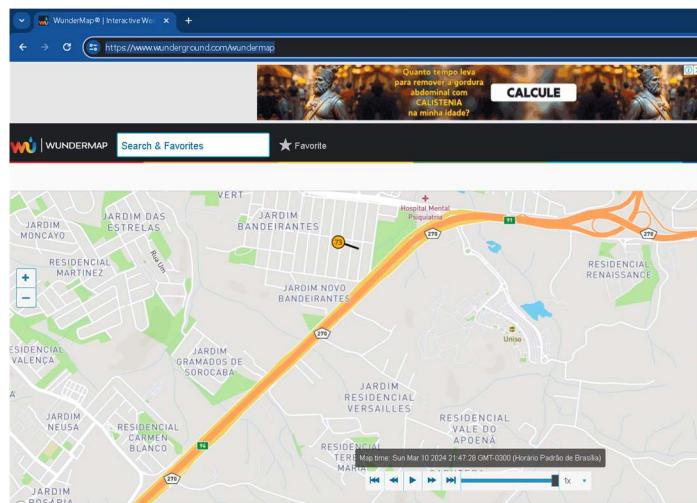
Ao utilizar o ESP32 o orçamento do projeto é otimizado, há um custo geralmente mais baixo que o Arduino Uno, especialmente quando se considera o custo de adicionar Wi-Fi e Bluetooth. Embora o Arduino Uno apresente um custo inicial mais atraente, caso seja necessário configurações de *Shields*, os custos adicionais, podendo ter como exemplo a conectividade *wireless*, caso seja necessária, começam a tornar seu uso a utilização inviável.

O ESP32 oferece várias vantagens sobre o Arduino Uno, incluindo conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth* integrada, processador mais poderoso, mais memória, mais interfaces e periféricos, suporte a SOA e a updates dentro de um possível menor custo.

3.11 Site Weather Underground

O site *Weather Underground*, ou *Wunderground*, é uma plataforma popular que fornece informações meteorológicas precisas e detalhadas de uma ampla variedade de fontes, incluindo estações meteorológicas pessoais operadas por amadores e profissionais (Eichhorn, 2018). A disposição dos displays no mapa interno do site é claramente definida, com várias propagandas exibidas durante a interação e a naveabilidade, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Site Wunderground



Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao acessar o Weather Underground, (<http://wunderground.com>) os usuários podem encontrar informações detalhadas sobre as condições meteorológicas em sua área local, incluindo leituras de sensores específicos de estações próximas. Essas leituras são atualizadas regularmente e fornecem uma visão em tempo real das condições atmosféricas em uma determinada localidade (Eichhorn, 2018).

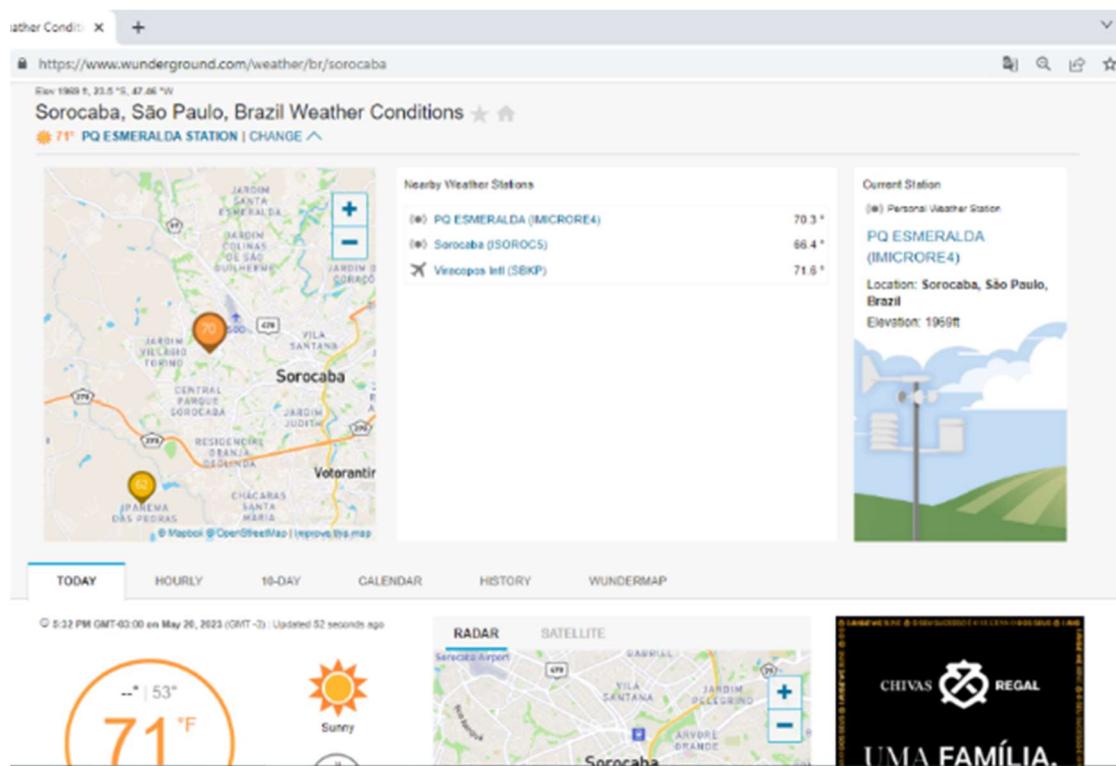
O Wunderground oferece a capacidade de visualizar dados históricos de estações meteorológicas em todo o mundo, permitindo análises detalhadas de padrões climáticos ao longo do tempo. Isso pode ser útil para pesquisadores, cientistas e entusiastas do clima, interessados em entender melhor as tendências climáticas regionais e globais (Oliveira, 2017).

É utilizada uma rede global de estações meteorológicas equipadas com sensores para fornecer informações precisas e detalhadas em tempo real e histórico, permitindo que os usuários entendam e respondam às condições atmosféricas em sua

área local e além, porém, o sistema de visualização tem propaganda e anúncios, não sendo um sistema otimizado, pois necessita efetuar cadastro prévio para acesso à plataforma para efetuar a consulta e não se consegue efetuar o consumo dos dados para análise qualquer outro tipo de plataforma (Eichhorn, 2018).

A visualização dos dados é particular e limitada ao sistema fornecido pelo site Wunderground.com, focando principalmente em umidade e temperatura, sem permitir a manipulação adicional de dados ou a integração com outros sensores. Essas estações normalmente estão equipadas com sensores para medir parâmetros meteorológicos, como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, entre outros conforme demonstra a Figura 13 que mostra a localização da cidade de Sorocaba/SP no site Wunderground.com.

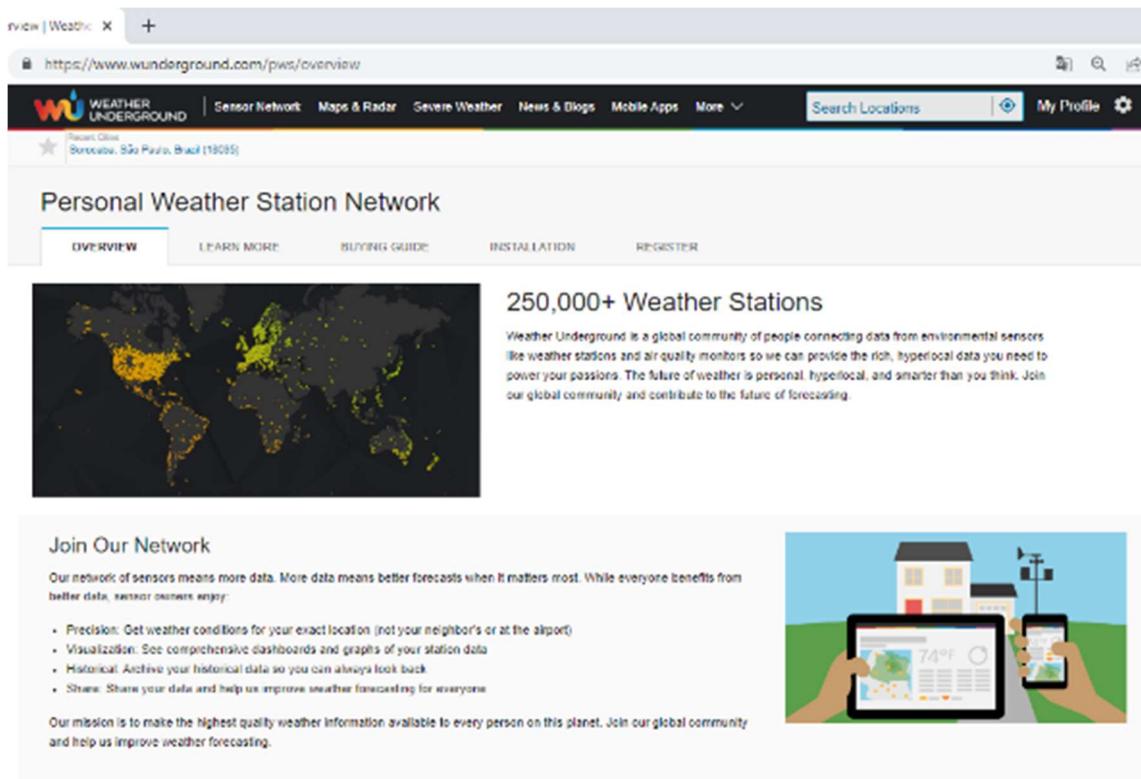
Figura 13 - Localização Sorocaba/SP Wunderground.com.



Fonte: Elaboração própria (2024).

A utilização do serviço da API efetuou a análise instantânea do envio de dados da miniestação para a base de visualização dos gráficos e indicadores já adicionados no *Dashboard* do mapa geral pelo mundo, como mostra a Figura 14 dos Sensores pelo Mundo.

Figura 14 - Sensores no Mundo



Fonte: Elaboração própria (2024).

Coletar dados do site Wunderground pode apresentar desafios significativos devido a várias razões. Primeiramente, o acesso aos dados pode ser restrito, frequentemente exigindo uma assinatura premium para acessar informações detalhadas ou históricas. Além disso, os dados podem estar disponíveis em formatos específicos que requerem processamento adicional para integração eficaz em outros sistemas, as APIs disponíveis para acessar os dados podem impor limitações, como restrições na taxa de solicitações ou requisitos específicos de autenticação. A dinâmica do site e possíveis atualizações na estrutura ou nas APIs também exigem uma manutenção constante do código de coleta de dados, o que pode ser complexo e demandar tempo.

É crucial observar rigorosamente os termos de uso do site para evitar violações de direitos autorais ou uso indevido dos dados. Esses desafios sublinham a importância de uma abordagem cuidadosa e estratégica ao coletar e utilizar dados do Wunderground para pesquisas ou análises acadêmicas.

3.12 Business Intelligence

O *Business Intelligence* (BI) não é uma ferramenta mas um processo aplicado em uma organização, desenvolvida para antecipar tomadas de decisões quando houver mudanças nos cenários, muito difundido na área de negócios para efetuar essas antecipações em relação aos competidores e tentar descobrir novos ou potenciais competidores permite aprender com os indicadores os sucessos e as falhas das informações levantadas, conhecer possíveis aquisições ou parceiros, buscar novas tecnologias, produtos ou processo que tenham impacto no negócio, entrar em novos negócios, rever as práticas de negócio, auxiliar na implantação de novas ferramentas gerencias (Fraga, 2019). Refere-se ao processo de coleta, organização, análise e monitoramento de dados para tomar boas decisões e saber qual o direcionamento dos investimentos voltados aos recursos para trazer os melhores resultados e dando suporte à gestão.

A análise pode ser efetuada em duas situações, descriptiva e preditiva, sendo a análise descriptiva aquela que analisa a ação (BI) e a análise preditiva a que segue uma tendência e utiliza ferramentas como Linguagem R, PYTHON, bibliotecas, cálculos e estatística, *Tableau*, *Power BI*, entre outras.

3.12.1 Power BI

O Power BI utiliza o conceito de banco de dados relacionais e coleção de informações relacionadas, em que um usuário pode conceder permissões a outros usuários para que eles possam acessar suas tabelas (Fraga, 2019). Normalmente o usuário não tem acesso direto ao banco de dados do servidor, devido às medidas de segurança de dados implementadas, dificultando a necessidade de se verificar o consumo de dados.

Muitas empresas estão adotando o sistema de banco de dados WEB e esta tendência está migrando para as cidades inteligentes, pela velocidade e desempenho do consumo e disponibilidade dos dados (Fraga, 2019). Dentre os tipos de fornecimento de dados o *DataBase WareHouse* ou “Servidor Secundário” é utilizado para buscar os dados, pois não modifica o servidor primário, tendo a segurança como foco, porém o tempo de atualização não corresponde muitas vezes com a necessidade do consumo de dados.

No Power BI, o relacionamento de tabelas é uma funcionalidade fundamental que permite associar entidades ou tabelas distintas com base em colunas comuns

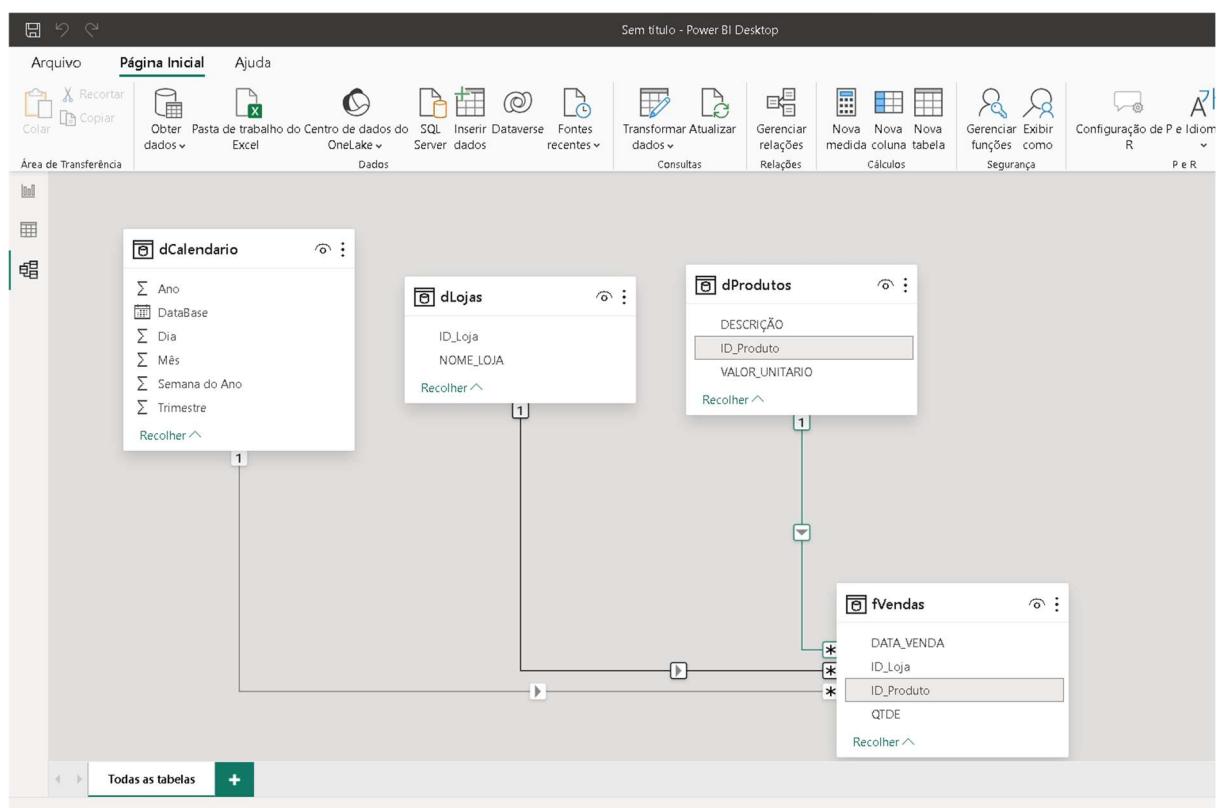
(Fraga, 2019). Esses relacionamentos são utilizados para recuperar e combinar informações de várias tabelas em uma única visualização ou relatório.

O relacionamento de tabelas no Power BI é crucial para integrar e analisar dados de fontes diferentes, permitindo que os usuários explorem e entendam melhor suas informações de forma mais eficiente e significativa.

Ao se criar um relacionamento entre duas tabelas, geralmente se identifica uma coluna na tabela de origem que contém valores que correspondem aos valores únicos em uma coluna na tabela de destino. Essa coluna na tabela de destino é normalmente a chave primária, e a coluna correspondente na tabela de origem é a chave estrangeira.

Uma tabela de "fVendas" com uma chave primária chamada "ID_Produto" e uma tabela de "dProdutos" com uma coluna chamada "ID_Produto" que dá referência à chave primária na tabela de clientes. Nesse caso, "ID_Produto" na tabela de "dProdutos" seria considerada uma chave estrangeira conforme é demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Relacionamento Power BI

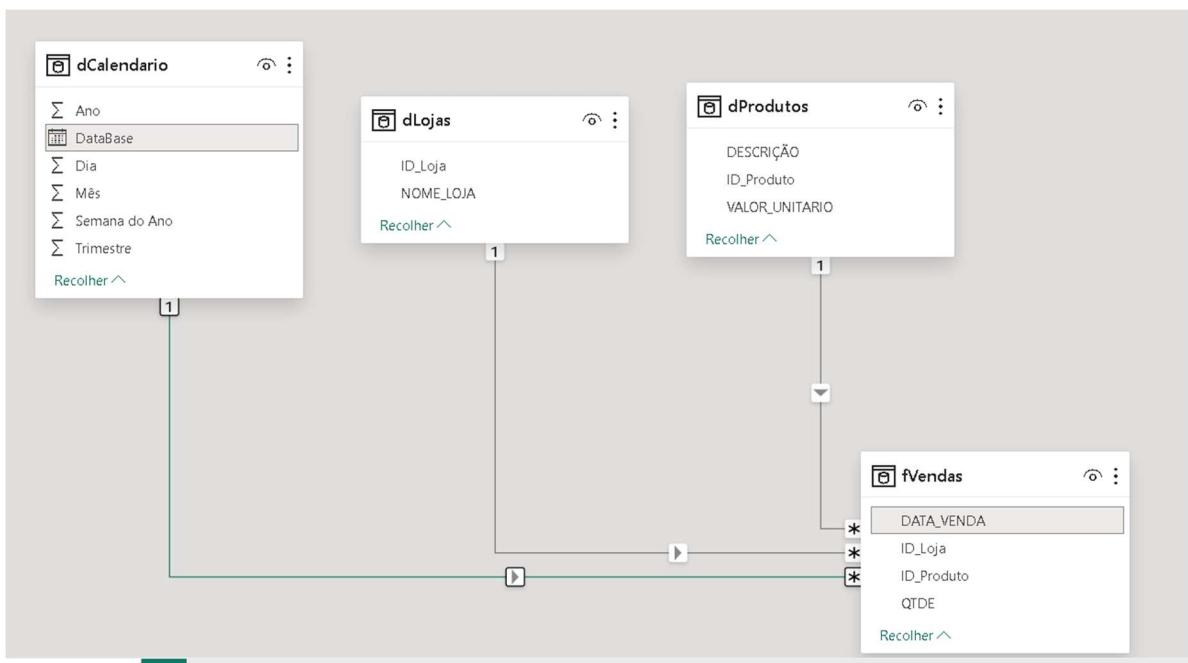


Fonte: Elaboração própria (2024).

A utilização da chave estrangeira no Power BI é essencial para estabelecer e manter relacionamentos entre tabelas e poder utilizar corretamente as tabelas do banco de dados, facilitando a análise e a visualização de dados provenientes de fontes diferentes.

A inteligência temporal aplicada ao Power BI refere-se à capacidade de analisar e visualizar dados ao longo do tempo de maneira eficiente e significativa (Fraga, 2019). Uma parte fundamental disso é a utilização de uma tabela de datas, que contém uma lista de datas relevantes para o conjunto de dados em questão. A tabela de datas geralmente contém uma única coluna com datas únicas, que pode abranger um intervalo de tempo específico (por exemplo, dias, meses ou anos). Essa tabela pode ser criada manualmente dentro do Power BI ou importada de uma fonte de dados externa como exemplifica a Figura 16.

Figura 16 - Relacionamento Power BI com tabela calendário



Fonte: Elaboração própria (2024).

Uma vez que a tabela de datas está disponível, podem-se aproveitar várias funcionalidades de inteligência temporal no *Power BI*, incluindo análises temporais, comparações entre períodos, filtragem por período de datas em intervalos de tempo específico como seleção de datas ou períodos predefinidos (por exemplo, ano atual, trimestre atual).

Cálculos de inteligência temporal efetuados no Power BI oferecem funções específicas, como *DATESYTD*, *DATEADD*, *DATEDIFF*, entre outras, que permitem calcular métricas de inteligência temporal, como ano até a data atual (YTD), mês até a data atual (MTD). A função *SAMEPERIODLASTYEAR* (*mesmo período no ano passado*) é utilizada para efetuar análise comparativa no mesmo período solicitado, porém com diferença de um ano (Fraga, 2019).

A utilização de tabelas para as funções com datas é crucial para ativar recursos de inteligência temporal, facilitando a análise de dados ao longo do tempo, fornecendo *insights* valiosos sobre tendências e padrões tabela dimensão calendário, incluiu-se informações adicionais como ano, mês trimestre, semana do ano, dia da semana. Essas informações são necessárias para se analisar as datas comparativas, como o mesmo período em uma data passada, conforme demonstrado na Figura 17.

Figura 17 - Tabela dimensão calendário

DataBase	Ano	Mês	Trimestre	Semana do Ano	Dia
quarta-feira, 1 de julho de 2020	2020	7	3	27	1
quinta-feira, 2 de julho de 2020	2020	7	3	27	2
sexta-feira, 3 de julho de 2020	2020	7	3	27	3
sábado, 4 de julho de 2020	2020	7	3	27	4
domingo, 5 de julho de 2020	2020	7	3	28	5
segunda-feira, 6 de julho de 2020	2020	7	3	28	6
terça-feira, 7 de julho de 2020	2020	7	3	28	7
quarta-feira, 8 de julho de 2020	2020	7	3	28	8
quinta-feira, 9 de julho de 2020	2020	7	3	28	9
sexta-feira, 10 de julho de 2020	2020	7	3	28	10
sábado, 11 de julho de 2020	2020	7	3	28	11
domingo, 12 de julho de 2020	2020	7	3	29	12
segunda-feira, 13 de julho de 2020	2020	7	3	29	13
terça-feira, 14 de julho de 2020	2020	7	3	29	14
quarta-feira, 15 de julho de 2020	2020	7	3	29	15
quinta-feira, 16 de julho de 2020	2020	7	3	29	16
sexta-feira, 17 de julho de 2020	2020	7	3	29	17
sábado, 18 de julho de 2020	2020	7	3	29	18
domingo, 19 de julho de 2020	2020	7	3	30	19
segunda-feira, 20 de julho de 2020	2020	7	3	30	20
terça-feira, 21 de julho de 2020	2020	7	3	30	21
quarta-feira, 22 de julho de 2020	2020	7	3	30	22
quinta-feira, 23 de julho de 2020	2020	7	3	30	23
sexta-feira, 24 de julho de 2020	2020	7	3	30	24
sábado, 25 de julho de 2020	2020	7	3	30	25
domingo, 26 de julho de 2020	2020	7	3	31	26
segunda-feira, 27 de julho de 2020	2020	7	3	31	27

Fonte: Elaboração própria (2024).

A tabela dimensão calendário é o eixo que se movimenta para trazer a informação correspondente ao mesmo período efetuado no passado, podendo assim efetuar análise de quais modificações ocorreram entre esses períodos analisados.

O termo "Dashboard" é utilizado para uma interface visual que exibe informações de forma clara e concisa, geralmente usando gráficos, tabelas e outros

elementos visuais. O objetivo principal de um *dashboard* é fornecer uma visão rápida e fácil de entender sobre o desempenho, métricas ou dados importantes de um determinado sistema, processo ou conjunto de dados (Fraga, 2019). O ponto importante sobre *dashboards* é a visualização de dados projetados para apresentar de forma visualmente atrativa e comprehensível.

A personalização de acordo com as necessidades do usuário inclui a capacidade de escolher quais métricas e dados serão exibidos, bem como a organização e disposição dos elementos visuais e muitos *dashboards* são interativos, permitindo que os usuários filtrem os dados, explorem diferentes visualizações ou obtenham mais detalhes sobre pontos específicos dos dados ao clicar nas tabelas ou no próprio gráfico. Em muitos casos, os *dashboards* são alimentados por dados em tempo real ou atualizados regularmente, permitindo que os usuários vejam informações atualizadas sobre o desempenho ou status em tempo real.

O Power BI é frequentemente utilizado para monitorar o desempenho de negócios, como vendas, *marketing*, finanças, operações e auxilia as organizações a identificarem tendências, padrões e áreas que exigem atenção.

A eficácia de um *dashboard* está na sua capacidade de fornecer informações de forma rápida e intuitiva. Portanto, um bom *design* de interface é crucial para garantir que os usuários possam entender facilmente os dados apresentados e, no mundo corporativo, como em várias outras áreas, os *dashboards* são amplamente utilizados para monitorar o desempenho e tomar decisões informadas com base em dados. Eles são uma ferramenta valiosa para a análise de dados e a comunicação de informações importantes de forma eficaz.

O *Dashboard* em Power BI tem algumas características e aspectos como visualizações personalizadas, pois oferece uma variedade de visualizações predefinidas, como gráficos de barras, gráficos de linhas, tabelas e mapas. Além disso, pode importar visualizações personalizadas desenvolvidas ou criar visualizações personalizadas e são altamente interativos. Os usuários podem filtrar os dados, explorar visualizações específicas e obter *insights* adicionais ao clicar em elementos visuais. Os usuários podem também colaborar em tempo real, adicionar comentários e receber notificações sobre alterações nos dados. A publicação no Power BI refere-se ao processo de compartilhar relatórios, *dashboards* e conjuntos de dados criados no Power BI Desktop ou no Power BI Service com outras pessoas dentro ou fora da organização.

Durante o processo de publicação, os usuários podem definir permissões de acesso para determinar quem pode visualizar e interagir com o conteúdo. Uma vez publicado, o relatório fica disponível no Power BI Service para acesso via web ou através de aplicativos móveis.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 Materiais

Para a montagem da estação meteorológica foram utilizados os seguintes materiais:

- Sensores:
 - Temperatura e umidade: DHT22 (AM2302) fabricado pela Guangzhou (*Aosong Electronics Co., Ltd.*).
 - Pressão atmosférica: BMP180 da Bosch Sensortec.
 - Pressão atmosférica, temperatura e umidade: BMP280 da Bosch Sensortec.
 - Índice Ultravioleta: UVM30A fabricado pela Guangzhou. Índice Ultravioleta: GUVA-S12SD fabricado pela GENUINE (*Shenzhen Genuine Technology Co., Ltd.*).
 - Velocidade do vento: Anemômetro de copo SV10 fabricado pela Lufft (*G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH*).
 - Precipitação: Pluviômetro de balde basculante PB10 fabricado pela Lufft.

Microcontrolador:

- ESP32 DevKit V1 de 38 GPIO

Software:

- IDE Arduino (última versão utilizada 2.3.2) para programação e upload do código para o microcontrolador.
- Biblioteca
 - DHT da Adafruit para leitura do sensor DHT22.
 - BMP280 da Adafruit para leitura do sensor BMP280.
 - Anemômetro desenvolvida especificamente para o sensor de velocidade do vento.
 - Pluviômetro adaptada para o sensor de precipitação.

- Plataforma de Internet das Coisas (IoT) *ThingSpeak* para armazenamento e visualização dos dados coletados.
- HTML para gerar as páginas
- CSS para dar estilo
- PHP para conectar, receber e enviar os dados
- R para o Query do Power BI
- DAX para Power BI

Outros Componentes e Ferramentas:

- Protoboard para montagem dos circuitos de teste.
- Resistores de $10k\Omega$ para os sensores Anemômetro e Pluviômetro.
- Jumpers para conexões elétricas.
- Conector de alimentação USB para o ESP32.
- Cabo USB tipo B e tipo C para conexão do ESP32 Arduino ao computador e a alimentação.
- Ferramentas de solda para montagem final dos sensores e conexões.

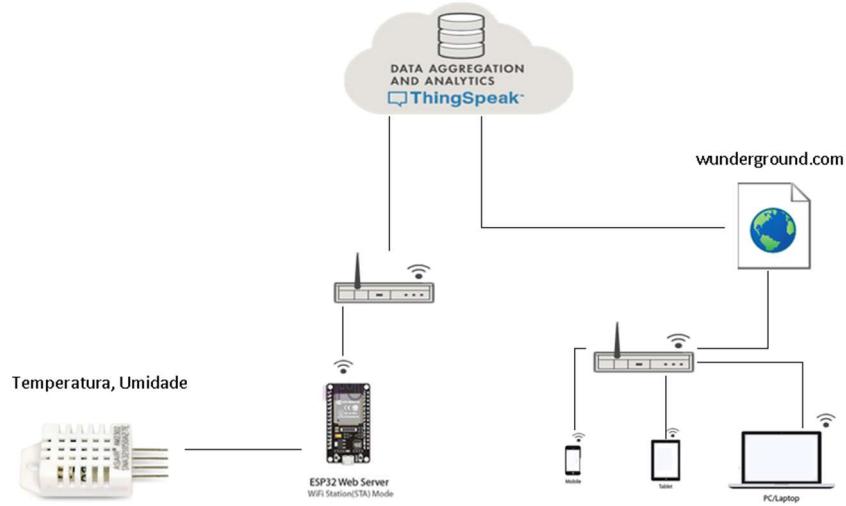
4.1.1 Montagem das fases

Fase 1:

- Recursos: Site *Wunderground*
- Materiais: Sensor DHT22
- Cadastro: Plataforma *ThingSpeak* e *Wunderground*

Durante a primeira fase do projeto, utilizou-se o site *Wunderground* para coletar e validar dados meteorológicos. O sensor DHT22 foi empregado para medir temperatura e umidade. Os dados capturados foram registrados na plataforma *ThingSpeak* e no *Wunderground*, permitindo o monitoramento e análise dos parâmetros ambientais diretamente no site conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Diagrama fase 1



Fonte: Elaboração própria (2024).

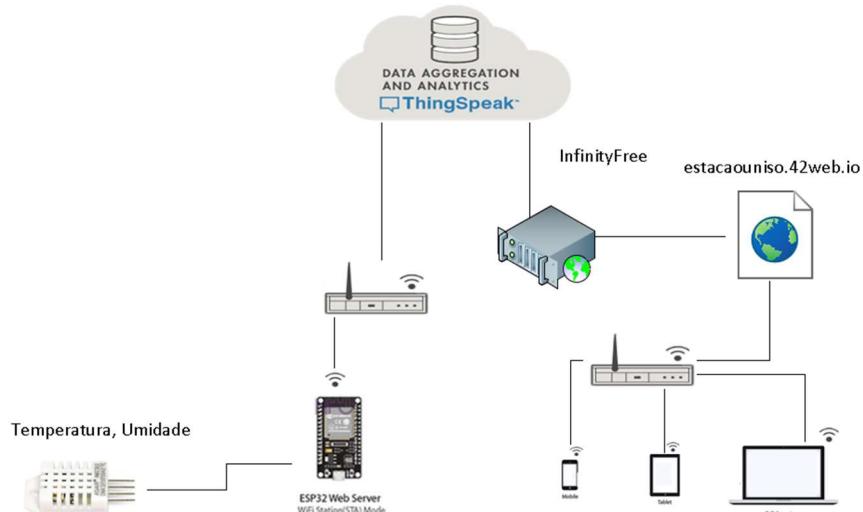
Fase 2:

Recursos: Página Própria

- Materiais: Sensor DHT22
- Cadastro: Plataforma *ThingSpeak* e Página Própria

Na segunda fase, utilizou-se uma página própria para centralizar a coleta de dados. Continuou-se a utilizar o sensor DHT22, com os dados sendo enviados tanto para o *ThingSpeak* quanto para a página própria conforme Figura 19.

Figura 19 - Diagrama fase 2



Fonte: Elaboração própria (2024).

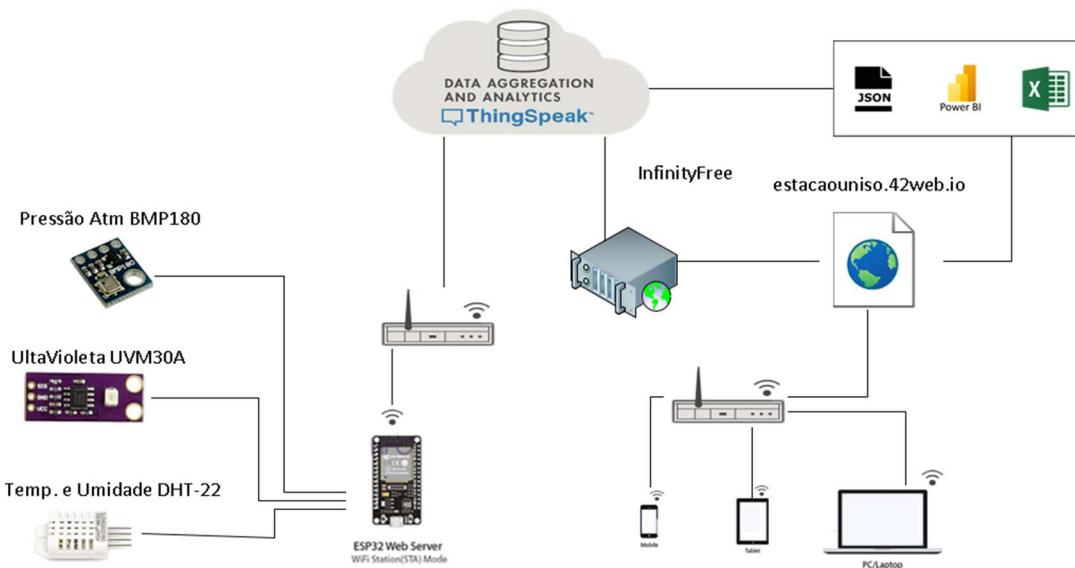
Fase 3:

Recursos: Página Própria + *Dashboard*

- Materiais: Sensores DHT22, UVM30a e BMP180
- Cadastro: Base da Fase 2 + Página Própria com *Dashboard*

Na terceira fase, ampliou-se a infraestrutura com a adição de um *Dashboard* na página própria, facilitando a visualização e análise dos dados. Além do sensor DHT22, foram incorporados os sensores UVM30a (para medir radiação ultravioleta) e BMP180 (para pressão atmosférica). Os dados de todas essas fontes foram centralizados e gerenciados na mesma plataforma, aumentando a abrangência e precisão do monitoramento conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 - Diagrama fase 3



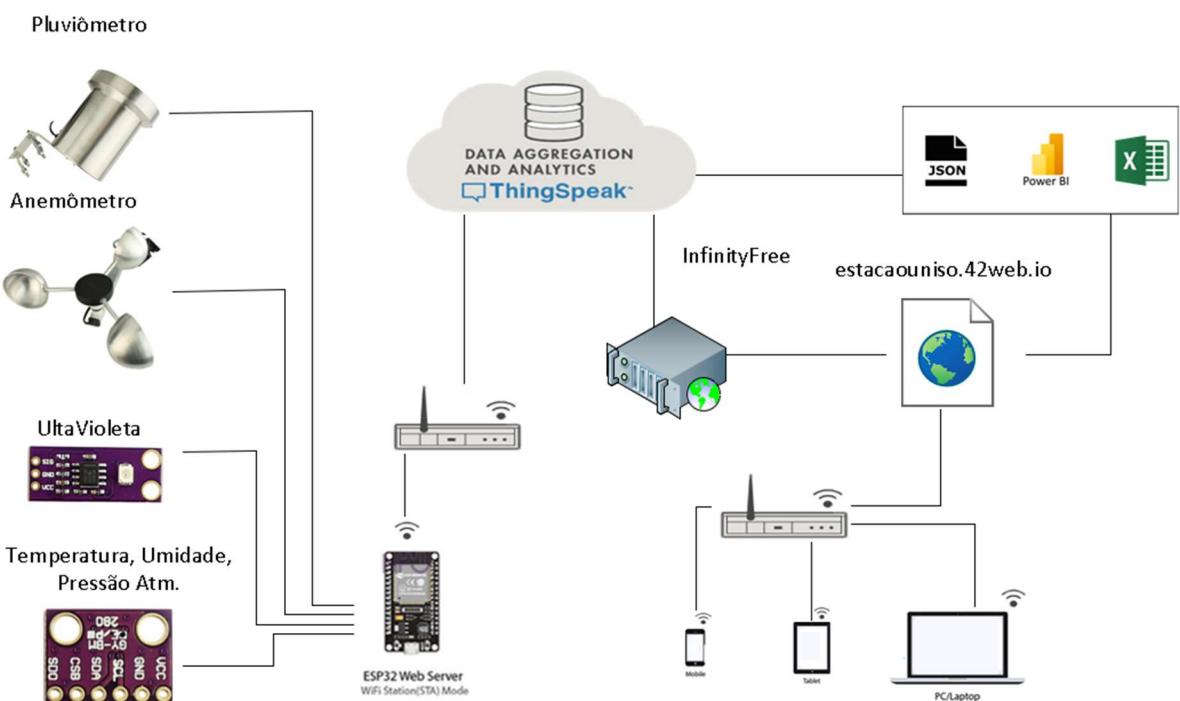
Fonte: Elaboração própria (2024).

Fase 4:

- Recursos: Página Própria + *Dashboard*
- Materiais: Sensores BMP280, GUVAS12SD, ANEMÔMETRO SV10 e PLUVIÔMETRO PB10
- Cadastro: Base da Fase 3 + Localização e Contador de Acesso

A última fase envolveu a integração de novos sensores e funcionalidades. Foram adicionados os sensores BMP280 (temperatura e pressão atmosférica), GUVAS12SD (radiação UV), anemômetro SV10 (velocidade do vento) e pluviômetro PB10 (precipitação). A Figura 21 demonstra o diagrama contendo a página própria e o *dashboard* os quais foram aprimorados para incluir dados de localização e contagem de acessos, permitindo um monitoramento mais detalhado e uma análise mais abrangente dos dados coletados.

Figura 21 - Diagrama fase 4



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2 Métodos

A seguir, os métodos utilizados para a montagem e funcionamento da estação meteorológica.

4.2.1 Montagem dos Sensores

- a) Conectou-se o sensor DHT22 ao ESP32 usando a protoboard e jumpers.
 - b) O sensor BMP280 foi conectado utilizando o protocolo I2C.
 - c) O anemômetro e o sensor de direção do vento foram conectados ao ESP32, utilizando um circuito de *debounce* para leitura precisa dos dados.

- d) O pluviômetro foi conectado ao ESP32, configurado como um contador de pulso para registrar cada basculamento do balde.

4.2.2 Programação

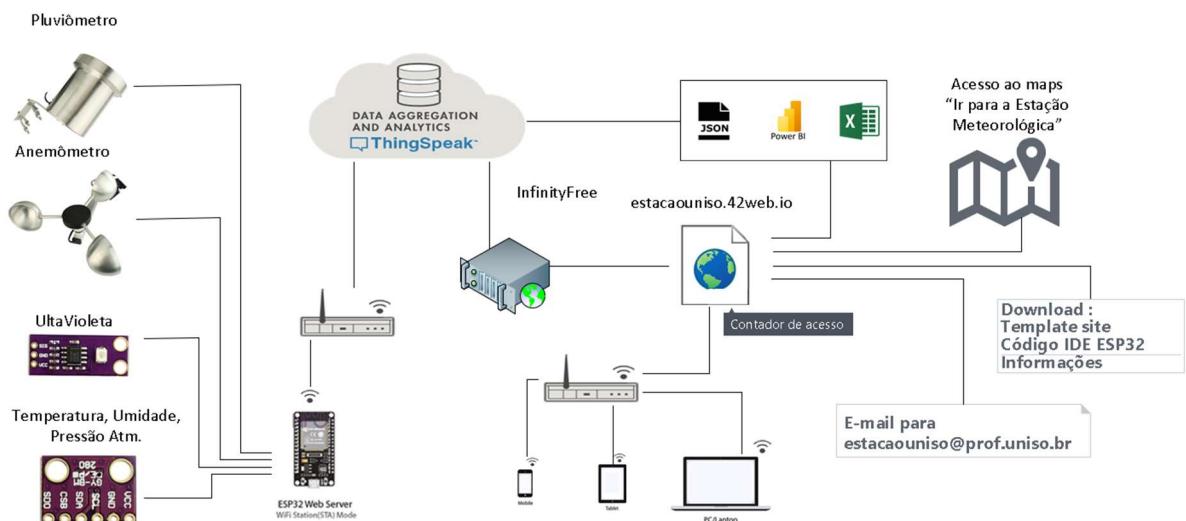
Utilizou-se a IDE Arduino para programar a leitura dos sensores. O código foi escrito para coletar dados de temperatura, umidade, pressão atmosférica, índice ultravioleta, velocidade do vento e precipitação.

As bibliotecas específicas para cada sensor foram incluídas no código, configurando os pinos corretos e inicializando os sensores.

O código foi desenvolvido para enviar dados para a plataforma *ThingSpeak* a cada 5 minutos, utilizando a biblioteca WiFi para comunicação com a rede sem fio.

Após o envio dos dados para o *ThingSpeak*, efetuou-se a programação do site para compreensão mais fácil do usuário e que não fosse necessário efetuar cadastro prévio para visualizar os dados obtidos. Para uma análise mais dinâmica, efetuou-se uma programação dentro do *Power BI* para consumir diretamente os dados gerados pelo *ThingSpeak* e visualizar ou, caso seja necessário, efetuar qualquer tipo de análise por outros usuários conforme Figura 22.

Figura 22 – Disponibilização dos códigos esp32, site e dados sensores



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2.3 Teste e Calibração

Realizaram-se testes iniciais para garantir que todos os sensores estivessem funcionando corretamente.

Calibraram-se os sensores de velocidade usando configurações fornecidas pelo Usinainfo (2024) e ajustes conforme Eichhorn (2018) conhecidas para ajustar a precisão das leituras.

Os dados coletados foram monitorados na plataforma *ThingSpeak* para verificar consistência e precisão.

4.2.4 Instalação e Funcionamento

Após os testes e calibração, a estação meteorológica foi instalada em uma área aberta, livre de obstruções, para garantir a precisão das medições.

A estrutura da estação foi fixada em um mastro de 2 metros de altura, com os sensores posicionados adequadamente para captar os dados meteorológicos no pergolado entre o bloco Administrativo e o Bloco A, na cidade universitária da UNISO, o local para implantação da Estação Meteorológica, tendo como Latitude -23.500169 e Longitude -47.398269 e elevação de 632 metros

O sistema foi energizado e logo após configurado na rede de internet disponível no campus para operar continuamente, enviando dados para a plataforma IoT conforme programado na Tabela 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes fases do projeto envolveram a utilização de distintos recursos, materiais e sistemas de cadastro, permitindo uma evolução contínua e uma melhoria progressiva na coleta e análise dos dados.

Inicialmente, foram implantados sensores básicos e foram utilizadas plataformas conhecidas para validar os dados. Com o avanço do projeto, migrou-se para soluções mais customizadas, incorporando novos sensores e aprimorando a visualização dos dados por meio de *dashboards* e sistemas próprios.

A tabela 2 resume as fases do projeto, detalhando os principais aspectos de cada etapa como as fases, recursos de programas e materiais, como também os locais que foram efetuados os cadastros para recebimento e envio dos dados.

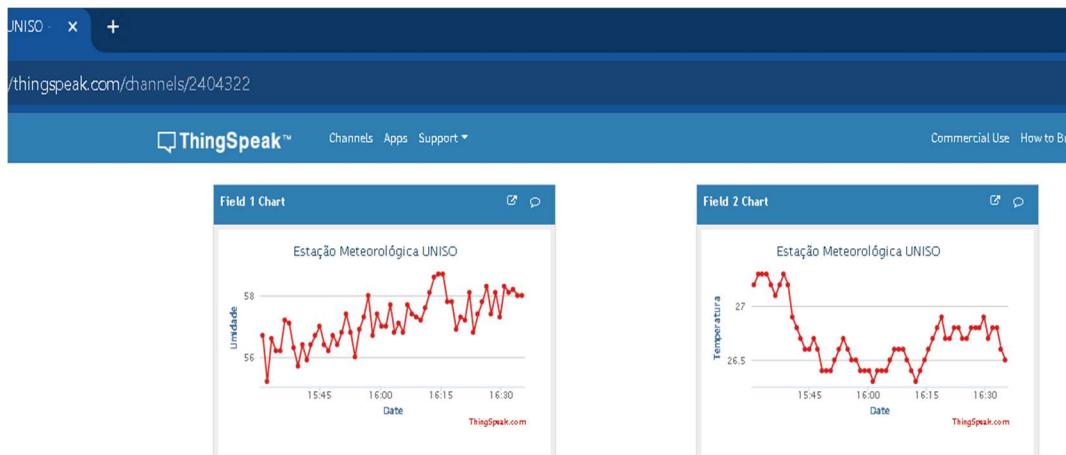
Tabela 2 - Fases x Períodos x Recursos x Materiais x Cadastro.

Fase	Período	Recursos	Materiais	Cadastro
1	07/08/2023 à 25/08/2023	Site Wunderground	DHT22	<i>ThingSpeak</i> Wunderground
2	18/01/2024 à 21/02/2024	Página Própria	DHT22	<i>ThingSpeak</i> Página Própria
3	09/03/2024 à 20/05/2024	Página Própria + Dashboard	DHT22+UVM30a+BMP180	Fase 2 + Própria Dashboard
4	18/05/2024 até o momento	Página Própria + Dashboard	BMP280+GUVAS12SD+ ANEMOMETROSV10+ PLUVIOMETROPB10	Fase 3 +Localização e Contador de Acesso

Fonte: Elaboração própria (2024).

Através do sensoriamento e do controle meteorológico, obtiveram-se parâmetros que geraram dados e foram sendo distribuídos no decorrer do projeto. A Figura 23 representa os dados enviados na fase 1 que somente poderiam ser obtidos pelo site do *Wunderground*.

Figura 23 - Gráfico De Ponto Dinâmico com leitura a cada 1 Minuto



Fonte: Elaboração própria (2024).

Os dados gerados pelos sensores e enviados para o *ThingSpeak* na fase 1, são enviados para o site *Wunderground* e, para acessar, é necessário efetuar cadastro e uma busca para o local desejado.

5.1 Análise da utilização do site Wunderground.com

Após analisar, cadastrar e utilizar o site *Wunderground.com*, verificou-se que ele não atendia à demanda para instalar a estação meteorológica na Cidade Universitária da Universidade de Sorocaba, os dados eram apenas visuais e não podiam ser tratados, apenas enviados pelos sensores e visualizados na página do desenvolvedor. Diante dessa limitação, surgiu a necessidade de criar um sistema que permitisse não só o envio, mas também o tratamento e a análise dos dados. Dessa forma, ofereceu-se um gerenciamento mais dinâmico e para melhor atender à comunidade acadêmica que precisasse desses dados para suas análises ou estudos. Não foi possível obter os dados do site *Wunderground*. Pode ser devido a restrições técnicas, falta de acesso às APIs necessárias, políticas de privacidade restritivas, ou outras limitações. A tipagem de dados não permitiu até a data analisada uma forma de compartilhamento, negando qualquer tipo de consumo de serviço, ficando restrito a somente fornecimento de serviço e visualização conforme configuração do site.

As limitações específicas do site original impactaram negativamente a obtenção dos dados. Isso pode incluir falta de documentação, estrutura complexa, ou a

ausência de funcionalidades-chave necessárias para o propósito que é o consumo de dados para a comunidade acadêmica para estudos futuros.

5.2 Desenvolvimento do site próprio para visualização

A implementação de um sistema completo para monitorar e gerenciar dados de temperatura e umidade, possíveis de visualização, bem como o consumo dos dados gerados, e possibilitou o desenvolvimento e implantação de mais sensores.

Além dos componentes de hardware, também se desenvolveu um robusto sistema de software para gerenciar e analisar os dados coletados pela estação meteorológica. Esse sistema permitiu o armazenamento seguro dos dados em um banco de dados web, como um sistema de visualização possibilitando e facilitando o acesso e a análise posterior. Ao implementar esse sistema completo de miniestação meteorológica, está se capacitando indivíduos e organizações a monitorarem de forma eficaz as condições climáticas locais, fornecendo *insights* valiosos para uma variedade de aplicações, desde agricultura e conservação ambiental, previsão de tempo, segurança pública e até mesmo para gestão de cidades inteligentes.

5.2.1 Linguagens de programação

Foram utilizadas as seguintes linguagens:

- HTML: Estrutura básica do site.
- CSS: Estilização visual e layout.
- PHP: Processamento de dados e interação com o banco de dados.
- Javascript: Funcionalidades interativas e dinâmicas.
- Bootstrap: Framework para facilitar o desenvolvimento e responsividade do site.

Endereço do sistema: <http://estacaouniso.42web.io/>, conforme mostrado na Figura 24.

Figura 24 - Tela Boas-Vindas fase 2 Estação UNISO



Fonte: Elaboração própria (2024).

A partir do desenvolvimento do site próprio foi possível efetuar o envio do usuário para o site do *ThingSpeak*, podendo visualizar os dados da estação fase 2 sem necessidade de efetuar cadastro.

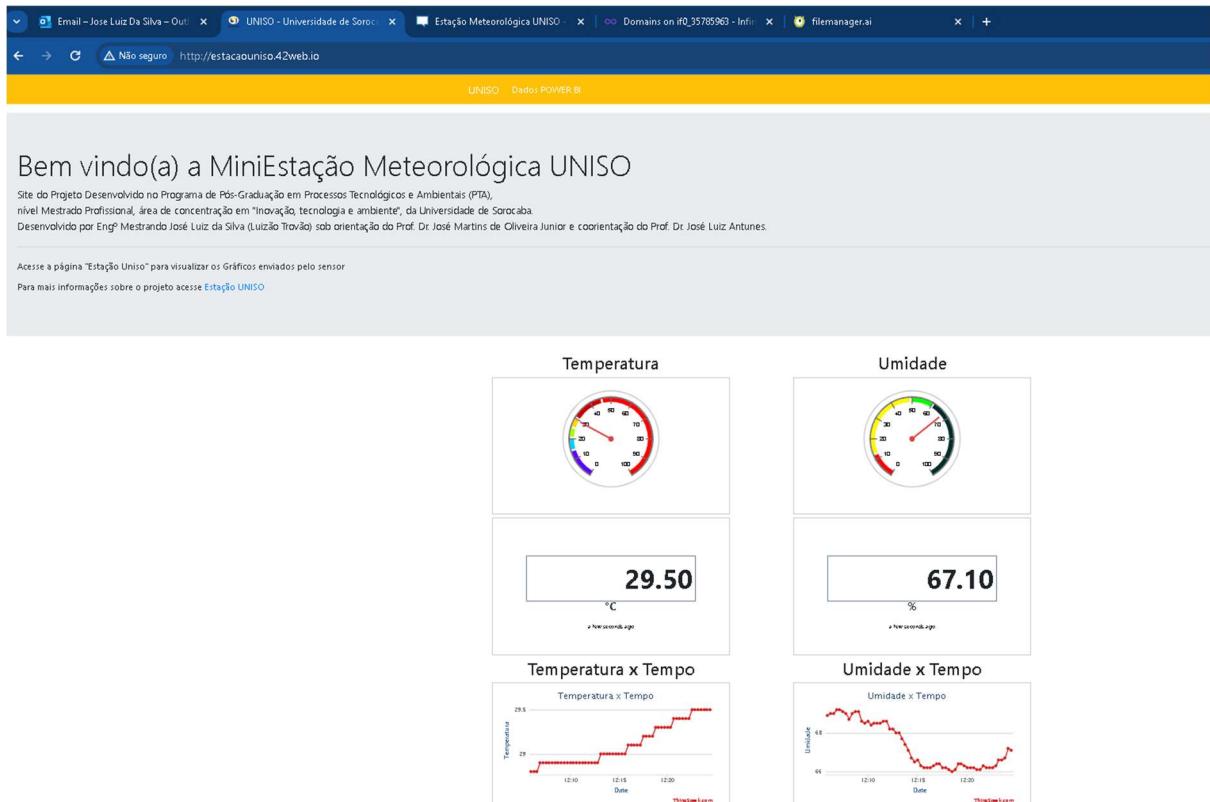
5.3 Monitoramento Eficiente

A integração de sensores de umidade, temperatura e raios ultravioleta possibilita um monitoramento dinâmico das condições ambientais. Essa abordagem é essencial onde até pequenas variações podem acarretar impactos significativos na qualidade dos produtos, na segurança dos processos e na saúde dos colaboradores, por exemplo.

Utilizou-se uma página própria para centralizar a coleta de dados. Continuou-se a utilizar o sensor DHT22, com os dados sendo enviados tanto para o *ThingSpeak* quanto para a página própria. Essa mudança permitiu maior controle sobre a apresentação e gerenciamento dos dados coletados.

Os dados de temperatura e umidade ficaram alinhados em colunas, para auxiliar na visualização e assim se manter em um campo de visão próximo os dados conforme a Figura 25.

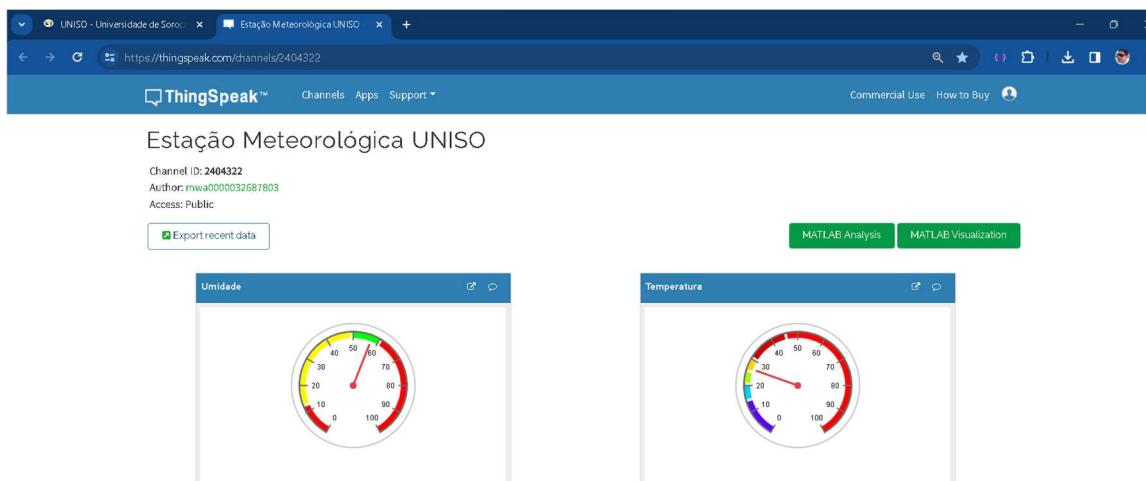
Figura 25 - Painéis de Umidade e Temperatura



Fonte: Elaboração própria (2024).

Para visualização o usuário necessita entrar no site próprio e ser direcionado para o *ThingSpeak*, podendo dar zoom no conjunto formado por temperatura e umidade conforme mostra a Figura 26.

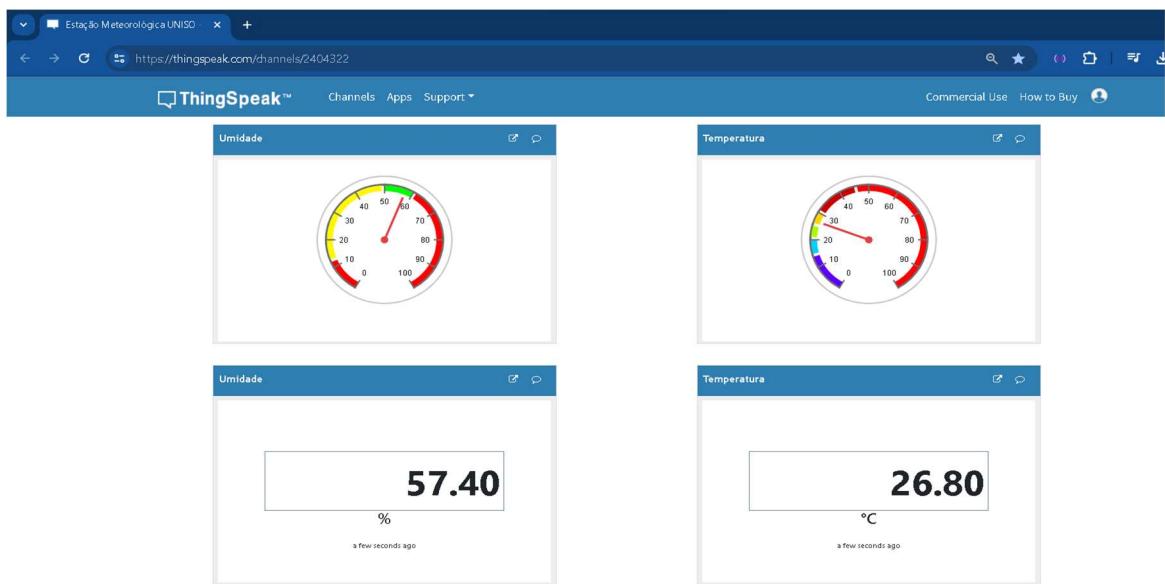
Figura 26 - Cluster *ThingSpeak* de Temperatura e Umidade



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na sequência, foi efetuada a inclusão de painéis com os dados do sensor para uma visualização mais eficiente e dinâmica para que caso seja necessária, uma tomada de decisão dinâmica, os dados mostrados na forma de “*widgets*” conforme a Figura 27.

Figura 27 - Painéis de Umidade e Temperatura



Fonte: Elaboração própria (2024).

A plataforma que recebe os dados captados pelos sensores e enviados pelo ESP32 é o *ThingSpeak*, através de uma requisição *GET HTTP* e durante os testes sua capacidade ficou limitada a 100 itens, porém, ao se conectar via *JSON* o *Power BI* conseguiu consumir 8000 dados, subscrevendo a rotina que se efetua ao complementar.

Analizando o sistema, ao se conectar com o servidor *ThingSpeak* como Administrador, constatou-se que se consegue consumir em *JSON* todos os dados gerados. Essa integração de sensores múltiplos não apenas aumenta a eficiência do monitoramento, como proporciona uma visão mais abrangente e detalhada das condições do ambiente, possibilitando tomadas de decisões focadas, dinâmicas e implementação de medidas proativas para garantir a segurança e o bem-estar em diversos contextos.

Verificando a necessidade de se organizar a disposição desses gráficos, incorporou-se no site próprio “*iframes*” que buscam esses dados no site *ThingSpeak*

e direcionam para o site próprio deixando assim, em um único local, sem haver a necessidade de se estar sendo direcionado para outro local conforme mencionado.

5.3.1 Criação do Site Próprio

Diante dos problemas com o site *Wunderground*, ficou claro que era necessário criar um site que fosse mais eficaz e atendesse às necessidades. O objetivo era ter um site que tivesse um design moderno e atraente, adaptado a diferentes dispositivos, fosse intuitivo e fácil de navegar, com uma estrutura clara e organizada oferecendo funcionalidades importantes para os usuários, como acesso aos dados da estação em tempo real, área de acesso aos dados tratados do cliente e integração com o site da Universidade. Também se deseja que tivesse o conteúdo dos sensores sempre atualizado, que agregasse valor e funcionalidade aos visitantes, um bom desempenho, com carregamento rápido e navegação fluida.

Para criar o site, foi realizado um planejamento detalhado, definindo os objetivos, o público-alvo, as funcionalidades e o conteúdo que seriam necessários. Em seguida, foi solicitado aos profissionais experientes no setor de engenharia da Universidade acompanhamento após a implantação do sistema sensoriamento/web para garantir um resultado de alta qualidade.

O novo site foi lançado conforme Tabela 2, com sucesso e superou as expectativas, pois ele agora oferece um design moderno e profissional, é atraente e adaptável a diferentes dispositivos, proporcionando uma ótima experiência visual em qualquer tela. Sua navegação intuitiva, é fácil de usar, sendo concisa e facilitando buscar pelas informações dos sensores, tornando a navegação fluida e agradável.

Dentre as funcionalidades importantes podem-se citar o formulário com os dados levantados pelos sensores, área de acesso com o login e senha da comunidade acadêmica e integração com o site da instituição de ensino. Apresentou excelente desempenho, pois seu carregamento é rápido garantindo uma experiência do usuário impecável.

A criação do novo site foi uma decisão acertada que possivelmente proporcionará diversos benefícios, como mais pessoas acessando o site e conhecendo a miniestação meteorológica e seu fornecimento de dados.

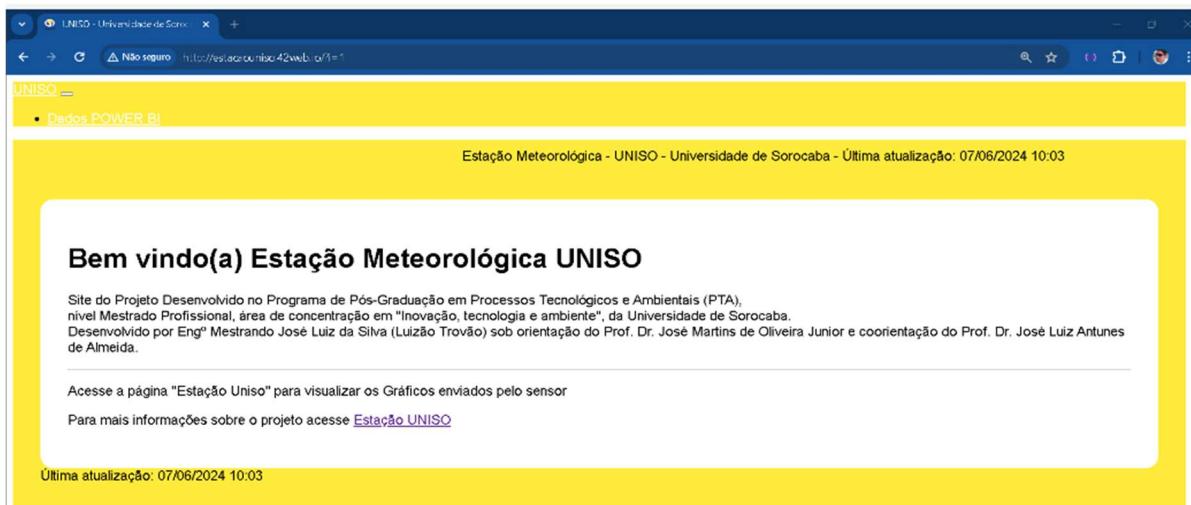
A experiência com o site antigo e a criação do novo site proporcionaram lições valiosas, como a importância de um planejamento detalhado, a definição de objetivos

claros, público-alvo e necessidades antes de iniciar o desenvolvimento do site, é fundamental garantir um bom desempenho, pois isso não apenas proporciona uma experiência do usuário mais agradável, mas também contribui significativamente para as tomadas de decisões.

5.3.1.1 Desenvolvimento Novo Site Próprio com SOA

A modernização do site existente foi realizada através da integração de tecnologias de Internet das Coisas (IoT), utilizando a plataforma *ThingSpeak* e seus *iframes* foram incorporados à estrutura pré-existente do site, permitindo a visualização, como medições ambientais e controle de dispositivos, proporcionando uma interface dinâmica e interativa, facilitando a atualização contínua de informações. Este avanço não apenas preserva a integridade da estrutura original do site, mas também enriquece a experiência do usuário conforme demonstrada a Figura 28 temos o novo estilo para melhoria de sua visualização.

Figura 28 – Aplicação de estilo cores site próprio

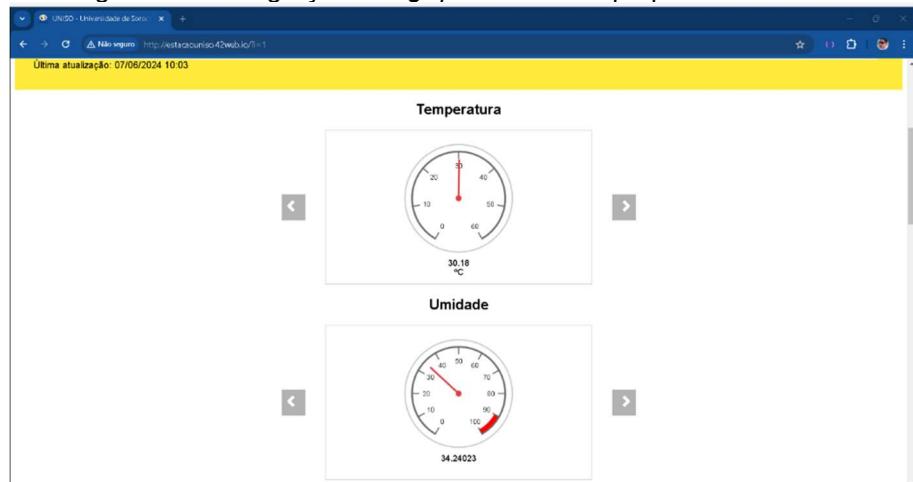


Fonte: Elaboração própria (2024).

Este processo de estilização do site próprio auxiliou na visibilidade da integração de soluções IoT em infraestruturas web existentes demonstrado nos indicadores adicionados e comandos de consumo do *ThingSpeak*, permitindo uma melhor visualização da gestão e monitoramento dos dados coletados. Esses avanços preservam a integridade da estrutura original do site e enriquecem a experiência do

usuário possibilitando a incorporação de *sliders* para demonstração dos *iframes* na integração com *ThingSpeak* utilizando SOA conforme Figura 29.

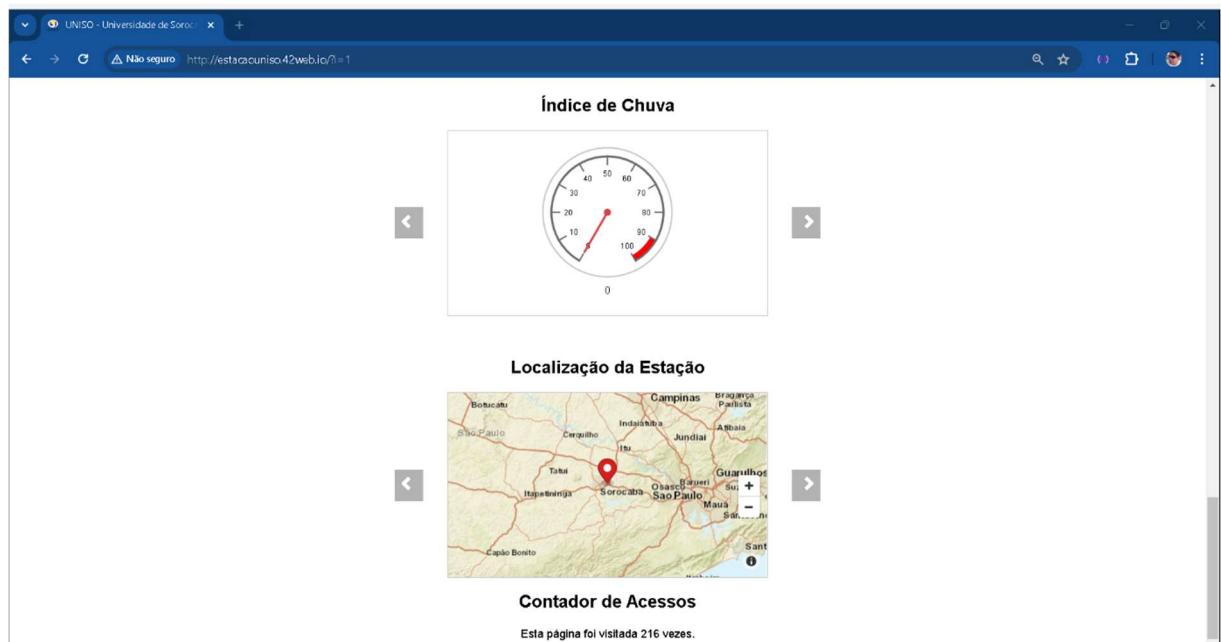
Figura 29 – Integração *ThingSpeak* com site próprio usando SOA



Fonte: Elaboração própria (2024).

Foram adicionados um mapa de localização e um contador de acesso ao final da página. Agora, os usuários podem visualizar a localização com facilidade e acompanhar o número de acessos ao site em tempo real conforme Figura 30.

Figura 30 – Localização da Estação e Contador de Acessos e Ir para a Estação

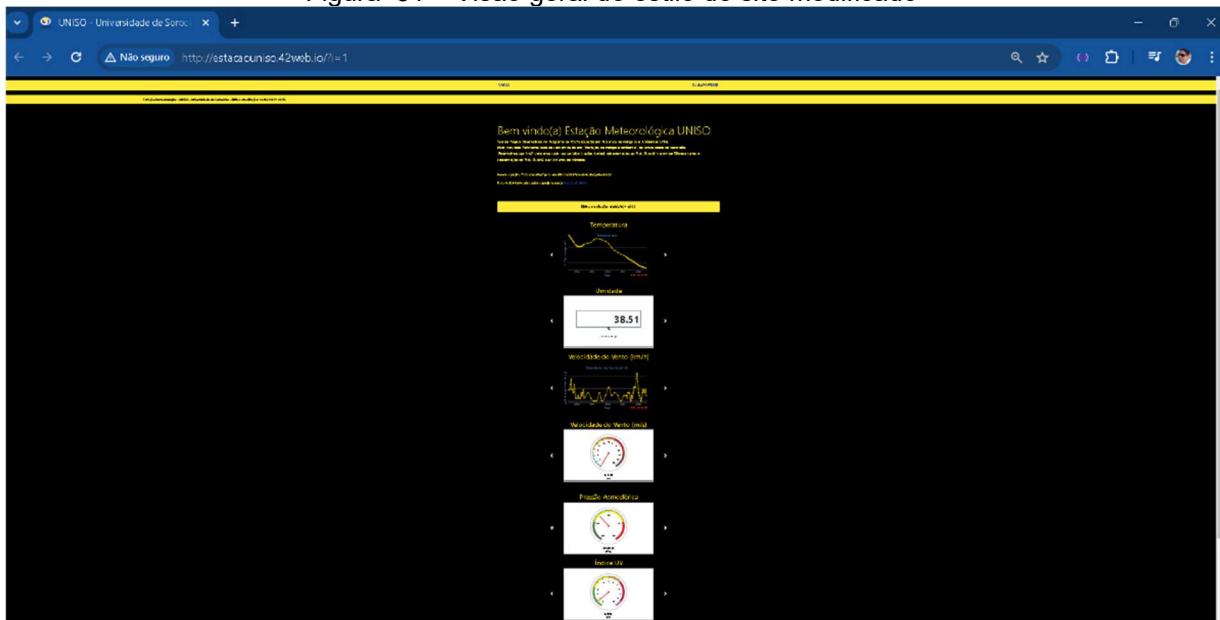


Fonte: Elaboração própria (2024).

Para melhorar a legibilidade e a experiência do usuário em dispositivos móveis, o design do site foi atualizado. Observou-se que a maioria dos acessos ocorre através

de aparelhos celulares, em que telas claras podem causar desconforto visual, sendo assim, para mitigar esse problema, o plano de fundo do site foi alterado para preto, proporcionando um contraste agradável, que reduz o cansaço visual. Os textos agora são exibidos em amarelo, destacando-se nitidamente contra o fundo escuro, enquanto os links estão em azul, facilitando a identificação, conforme Anexo A e a navegação conforme demonstrado o plano geral do site na figura 31.

Figura 31 – Visão geral do estilo do site modificado



Fonte: Elaboração própria (2024).

Essas mudanças visaram oferecer uma experiência de leitura mais confortável e acessível, especialmente para usuários de dispositivos móveis.

Houve uma melhoria na experiência do usuário, sendo que o novo site visou aprimorar a experiência do usuário. A nova abordagem proporcionará benefícios adicionais, como facilidade de navegação, design mais intuitivo, ou melhor desempenho e um link para consumir via Google Maps “Ir para a Estação Meteorológica” utilizando o conceito SOA e caso seja necessário, verificar sua distância em relação a Estação ou até mesmo que seja encaminhada a Estação através do Google Maps conforme Figura 32.

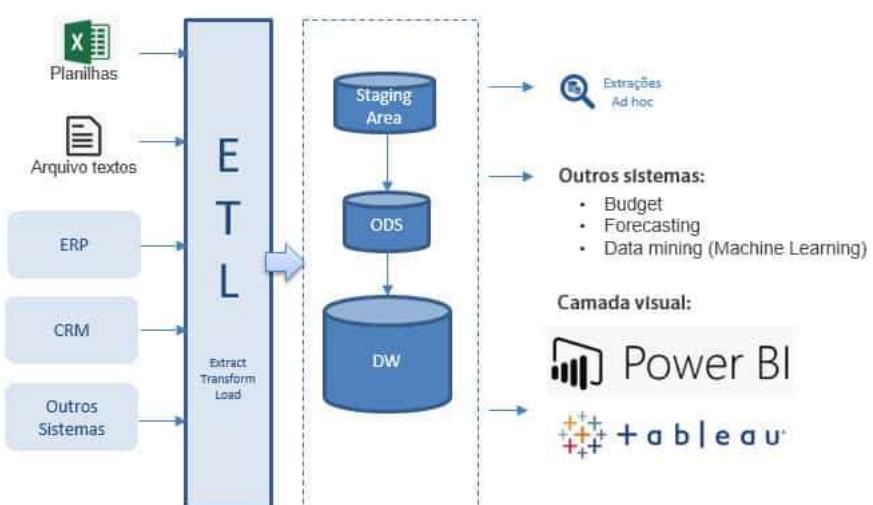
Figura 32 – Inserção do link Ir para Estação Meteorológica



Fonte: Elaboração própria.

A criação do novo site representou uma oportunidade de inovação ou diferenciação em relação ao site original, por trazer algo único aos usuários, o consumo dos dados gerados pelos sensores *in loco*, podendo ser utilizado, caso haja necessidade, a combinação de processamento de dados de várias fontes em repositório central via *Data Warehouse* também já ocorrendo sua ETL, Extração (*Extract*), Transfromação (*Transform*) e Carregamento (*Load*), utilizado como mostra a Figura 33.

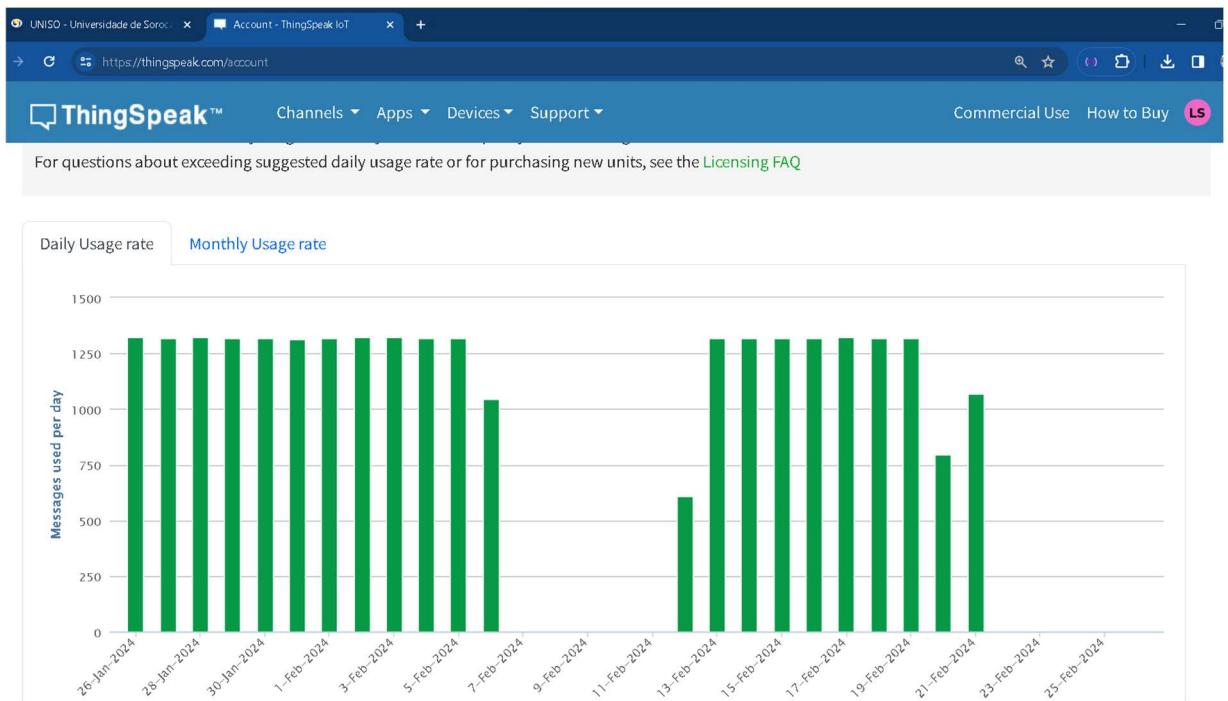
Figura 33 – ETL – Extração, Transformação e Carregamento



Fonte: ITIGO CONSULTING. Implementação de ITL. **Itigo Consulting**, São Paulo, 2024. Disponível em: www.itigoconsulting.com/implementacao-de-etl. Acesso em: 23 jun. 2024.

Com o abastecimento do banco de dados “*online*” por meio da tecnologia Wi-Fi, tem a capacidade de armazenar grandes volumes de dados de forma organizada. Isso proporciona uma base sólida para análises detalhadas, facilitando a tomada de decisões informadas com base em tendências e padrões identificados ao longo do tempo, como mostrado na Figura 34 onde se vê os dias e a quantidade de dados recebidos no *ThingSpeak*.

Figura 34 - Gráfico *ThingSpeak* de recebimento de dados por dia



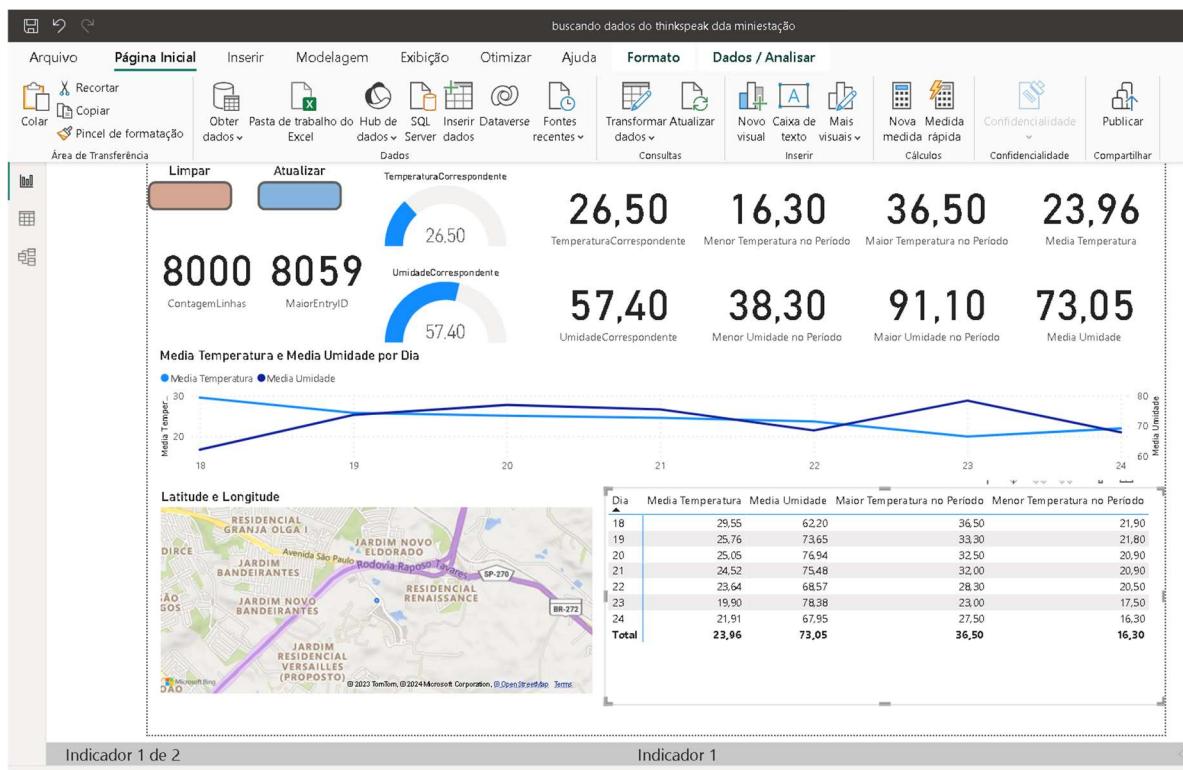
Fonte: Elaboração própria (2024).

A implementação de alertas automáticos, por exemplo, em caso de variações críticas de umidade ou temperatura, assegura uma resposta rápida a situações adversas. Isso contribui para a prevenção de danos a produtos ou equipamentos sensíveis. No *ThingSpeak*, é possível cadastrar um e-mail para receber este alerta, o qual está configurado para ser enviado para estacaouniso@prof.uniso.br, o mesmo utilizado para acesso e geração das APIs e chaves de acesso para fornecimento e consumo de dados.

A linguagem para interação com o banco de dados online escolhida foi o PHP, pois oferece uma interface robusta e flexível. O PHP é amplamente utilizado na web, permitindo a integração fácil e segura com diversos sistemas e plataformas. A compatibilidade do PHP com o Power BI, através do consumo de dados da linguagem

R, possibilita uma visualização avançada dos dados. Relatórios dinâmicos e “dashboards” interativos, facilitam uma análise aprofundada, permitindo a identificação de padrões e tendências. Além disso, simplificam a comunicação dos dados para diferentes partes interessadas, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 - Dashboard Power BI



Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao término deste trabalho, o Power BI online que necessita de login e senha para visualização, e fica liberado para toda a comunidade acadêmica da Universidade de Sorocaba usando somente como login o próprio e-mail de aluno e senha a mesma para acessar o pacote Office, ao qual pertence o Power BI.

Os dados coletados do *ThingSpeak* pelo Power Query ao ser efetuado o código apresentado na Figura 36 já são tratados pelo próprio código e efetuam a transferência de informação na tabela vazia criada para receber os dados da estação.

Figura 36 - Código consumo dados *ThingSpeak* - envio direto para Power BI

Estação fase 4

```

let
    // URL do canal ThingSpeak
    SourceUrl = "https://api.thingspeak.com/channels/2521230(feeds.json?api_key=AP4FR2IOEKYN975R",
    // Função para obter dados do ThingSpeak
    Source = Json.Document(Web.Contents(SourceUrl)),
    Feeds = Source[feeds],
    Table = Table.FromList(Feeds, Splitter.SplitByNothing(), null, null, ExtraValues.Error),
    ExpandedTable = Table.ExpandRecordColumn(Table, "Column1", {"created_at", "entry_id", "field1", "field2", "field3", "field4", "field5", "field6", "field7", "field8"}, {"created_at", "entry_id", "field1", "field2", "Linhas Classificadas" = Table.Sort(ExpandedTable, {"entry_id", Order.Descending})),
    #Tipo Alterado = Table.TransformColumnTypes(#"Linhas Classificadas",{{"entry_id", Int64.Type}}),
    #Valor Substituido = Table.ReplaceValue(#Tipo Alterado,".",",",Replacer.ReplaceText,{"field1"}),
    #Valor Substituido1 = Table.TransformColumnTypes(#"Valor Substituido",{{"field1", type number}}),
    #Valor Substituido1 = Table.ReplaceValue(#"Tipo Alterado",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field2"}),
    #Valor Substituido2 = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituido1",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field3"}),
    #Valor Substituido3 = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituido2",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field4"}),
    #Valor Substituido4 = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituido3",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field5"}),
    #Valor Substituido5 = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituido4",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field6"}),
    #Valor Substituido6 = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituido5",".",",",Replacer.ReplaceText,{"field7"}),
    #Dividir Coluna por Delimitador = Table.SplitColumn(#"Valor Substituido6", "created_at", Splitter.SplitTextByDelimiter("|", QuoteStyle.Csv), {"created_at_1", "created_at_2"}),
    #Tipo Alterado2 = Table.TransformColumnTypes(#"Dividir Coluna por Delimitador",{{"created_at_1", type date}, {"created_at_2", type time}, {"field2", type number}, {"field3", type number}, {"field4", type number}},
    #Colunas Renomeadas = Table.RenameColumns(#"Tipo Alterado2",{{"created_at_1", "Data"}, {"created_at_2", "Horas"}, {"entry_id", "Id_Entrada"}, {"field1", "Temperatura (°C)"}, {"field2", "Umidade (%)"}, {"field3", "Luz (%)"}})
in
#Colunas Renomeadas"

```

Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao se efetuar o incremento dos dados de API e o ID do canal do *ThingSpeak*, em uma tabela vazia, o editor avançado do Power Query, efetuará a comunicação com a tabela vazia incrementando-a com os dados do *ThingSpeak* conforme demonstrado na Figura 37.

Figura 37 – Dados consumidos do *ThingSpeak* para o *Power Query*

The screenshot shows the Power BI desktop interface. The ribbon menu at the top includes 'Arquivo', 'Página Inicial', 'Transformar', 'Adicionar Coluna', 'Exibição', 'Ferramentas', and 'Ajuda'. Below the ribbon are various icons for file operations like 'Fechar e Aplicar', 'Nova', 'Fontes', 'Recentes', 'Inserir Dados', 'Configurações da fonte de dados', 'Gerenciar Parâmetros', 'Atualizar Visualização', 'Propriedades', 'Editor Avançado', 'Escolher Colunas', 'Remover Colunas', 'Mantener Linhas', 'Remover Linhas', 'Dividir Coluna', 'Agrupar por', 'Substituir Valores', 'Tipo de Dados: Data', 'Usar a Primeira Linha como Cabeçalho', 'Mesclar Consultas', 'Acrescentar Consulta', and 'Combinar Arquivos'. A 'Consultas [1]' pane on the left lists 'Estação fase 4'. The main area displays a data preview grid for 'Estação fase 4' with columns: Data, Horas, Id_Estrada, Temperatura (°C), Umidade (%), and Velocidade do Vento (Km). The data shows temperature and humidity values fluctuating between 41.57°C and 42.9% across different times and locations.

	Data	Horas	Id_Estrada	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade do Vento (Km)
1	13/06/2024	15:42:28	33924	41,59	13,33301	
2	13/06/2024	15:42:12	33923	41,57	13,39453	
3	13/06/2024	15:41:57	33922	41,52	13,38086	
4	13/06/2024	15:41:42	33921	41,49	13,41699	
5	13/06/2024	15:41:27	33920	41,43	13,42773	
6	13/06/2024	15:41:12	33919	41,43	13,44043	
7	13/06/2024	15:40:57	33918	41,57	13,34473	
8	13/06/2024	15:40:42	33917	41,63	13,29687	
9	13/06/2024	15:40:27	33916	41,66	13,18555	
10	13/06/2024	15:40:12	33915	41,75	13,22559	
11	13/06/2024	15:39:57	33914	41,77	13,23828	
12	13/06/2024	15:39:42	33913	41,71	13,2373	
13	13/06/2024	15:39:27	33912	41,72	13,25	
14	13/06/2024	15:39:12	33911	41,82	13,15234	
15	13/06/2024	15:38:57	33910	41,85	13,10352	
16	13/06/2024	15:38:42	33909	41,84	13,04102	
17	13/06/2024	15:38:27	33908	41,78	13,05176	
18	13/06/2024	15:37:57	33907	42,07	12,89844	
19	13/06/2024	15:37:42	33906	42,16	12,81348	
20	13/06/2024	15:37:26	33905	42,29	12,69238	
21	13/06/2024	15:36:57	33904	42,75	12,49219	
22	13/06/2024	15:36:41	33903	42,9	12,43457	

Fonte: Elaboração própria (2024).

A inteligência temporal no Power BI permite analisar dados de estações meteorológicas ao longo do tempo, identificando padrões sazonais e tendências.

Utilizando filtros de data e visualizações dinâmicas, é possível explorar variações climáticas e analisar comportamentos em períodos passados. Isso facilita a tomada de decisões baseada em dados históricos e previsões meteorológicas. A Figura 38 mostra o código utilizado para se consumir os dados do *ThingSpeak* e enviar já configurada sua tipagem diretamente para o *Power BI*.

Figura 38 - Código em função DAX para gerar a tabela dCalendario

```

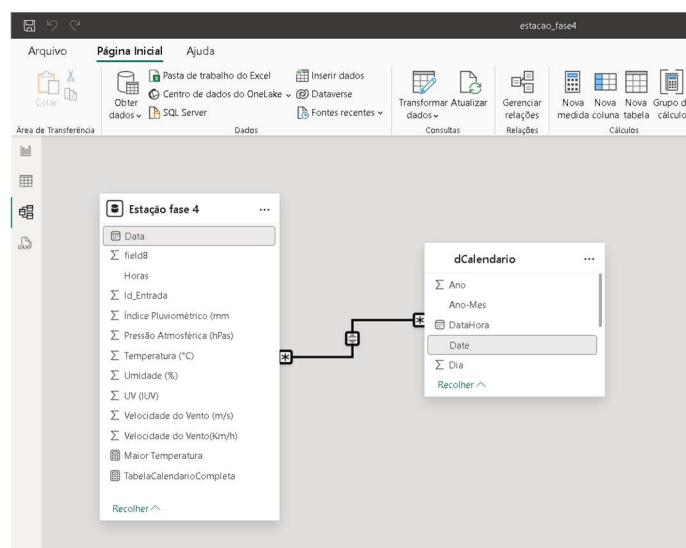
Página Inicial Ajuda Ferramentas da tabela
dCalendario Marcar como tabela de data Gerenciar relações Nova medida Nova medida rápida nova coluna tabela
Estrutura Calendários Relações Cálculos
✓ 1 dCalendario =
2 ADDCOLUMNS (
3   GENERATE (
4     ADDCOLUMNS (
5       CALENDAR ( MIN ( 'Estação fase 4'[Data] ), MAX ( 'Estação fase 4'[Data] ) ),
6       "Ano", YEAR ( [Date] ),
7       "Mes", MONTH ( [Date] ),
8       "Dia", DAY ( [Date] ),
9       "Trimestre", QUARTER ( [Date] ),
10      "Ano-Mes", FORMAT ( [Date], "YYYY-MM" )
11    ),
12    VAR HorasMin = MINX ( 'Estação fase 4', HOUR ( TIMEVALUE("Estação fase 4'[Horas]) ) * 60 + MINUTE ( TIMEVALUE("Estação fase 4'[Horas]) ) )
13    VAR HorasMax = MAXX ( 'Estação fase 4', HOUR ( TIMEVALUE("Estação fase 4'[Horas]) ) * 60 + MINUTE ( TIMEVALUE("Estação fase 4'[Horas]) ) )
14    RETURN
15      ADDCOLUMNS (
16        GENERATESERIES ( HorasMin, HorasMax, 1 ),
17        "Hora Completa", TIME ( INT ( [Value] / 60 ), MOD ( [Value], 60 ), 0 )
18      )
19    ),
20    "DataHora", [Date] + [Hora Completa]
21  )
22
Date Ano Mes Dia Trimestre Ano-Mes Value Hora Completa DataHora
/2024 00:00:00 2024 6 13 2 2024-06 847 30/12/1899 14:07:00 13/06/2024 14:07:00
/2024 00:00:00 2024 6 13 2 2024-06 848 30/12/1899 14:08:00 13/06/2024 14:08:00
/2024 00:00:00 2024 6 13 2 2024-06 849 30/12/1899 14:09:00 13/06/2024 14:09:00

```

Fonte: Elaboração própria (2024).

A tabela de calendário gerada, tem que ser relacionada à tabela da estação meteorológica através de uma chave de data conforme a Figura 39.

Figura 39 – Relacionamento entre Tabela Estação fase4 x dCalendario



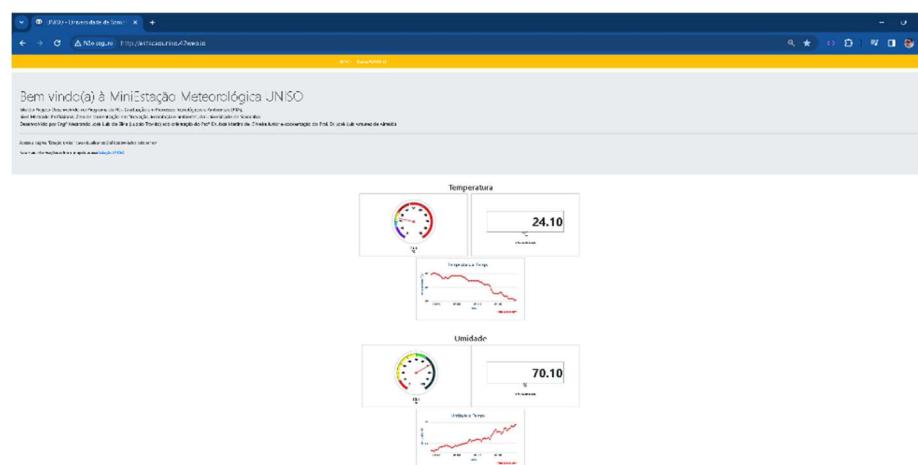
Fonte: Elaboração própria (2024).

O relacionamento dessas tabelas permite a análise temporal dos dados climáticos. Isso facilita a visualização de padrões e tendências ao longo do tempo.

5.3.1.2 Visualização Dados de Sensoriamento

Visando a agilidade para acesso aos dados levantados pelos sensores foi efetuada a implantação de consumo de dados diretamente no site próprio desenvolvido, conforme mostrado na Figura 40.

Figura 40 - Site Próprio consumindo dados dos sensores do *ThingSpeak*



Fonte: Elaboração própria (2024).

No site foi efetuada uma verificação de utilização e necessitou atualização do *Front End* como também o *Style* utilizando o CSS e deixando mais dinâmico com a aba última atualização e ficou conforme mostrado na Figura 41.

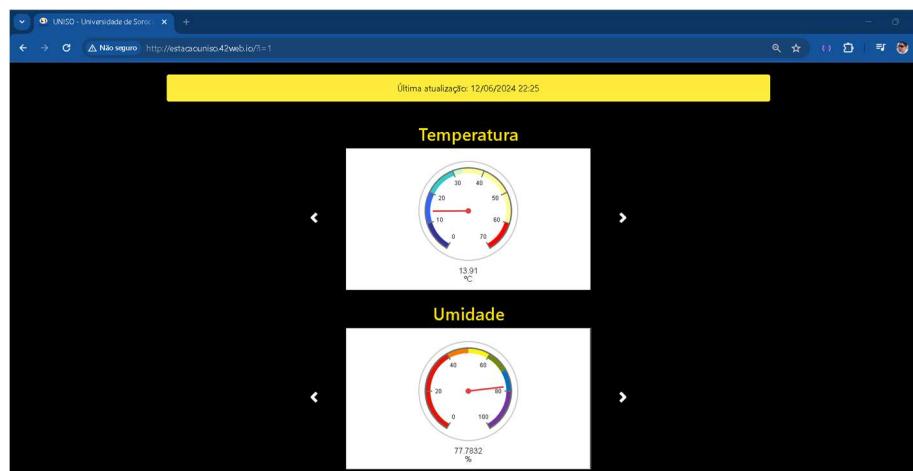
Figura 41 - Atualização visual do site próprio



Fonte: Elaboração própria (2024).

Foram realizadas melhorias no site da estação meteorológico da UNISO, como inserção de *sliders* para mudança de *widget*, painel fixo e dinâmico de última atualização, e modificado o estilo geral como plano de fundo em contraste com a fonte. Essas melhorias podem ser observadas na Figura 42.

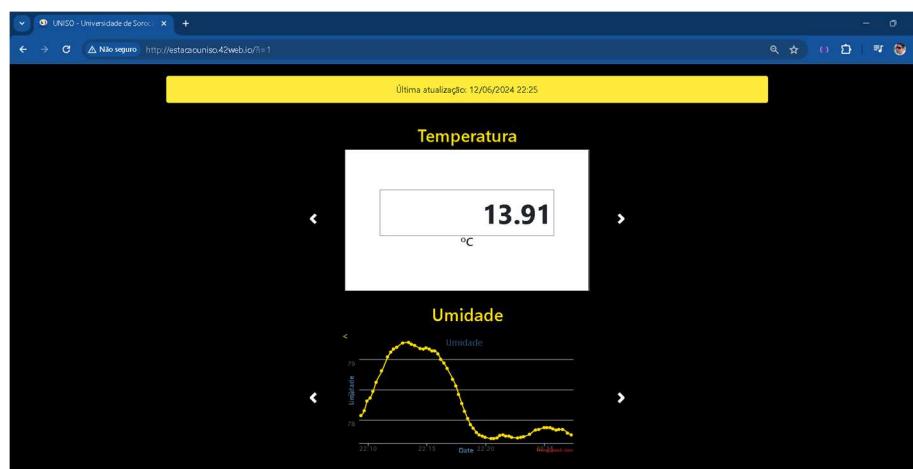
Figura 42 – Dashboard visualizando dados consumidos pelo *ThingSpeak*



Fonte: Elaboração própria (2024).

A modificação dos “widgets” por meio de *sliders* em uma página web *HTML* e *PHP* pode ser observada na Figura 43.

Figura 43 – Mudanças de “widgets” no site próprio

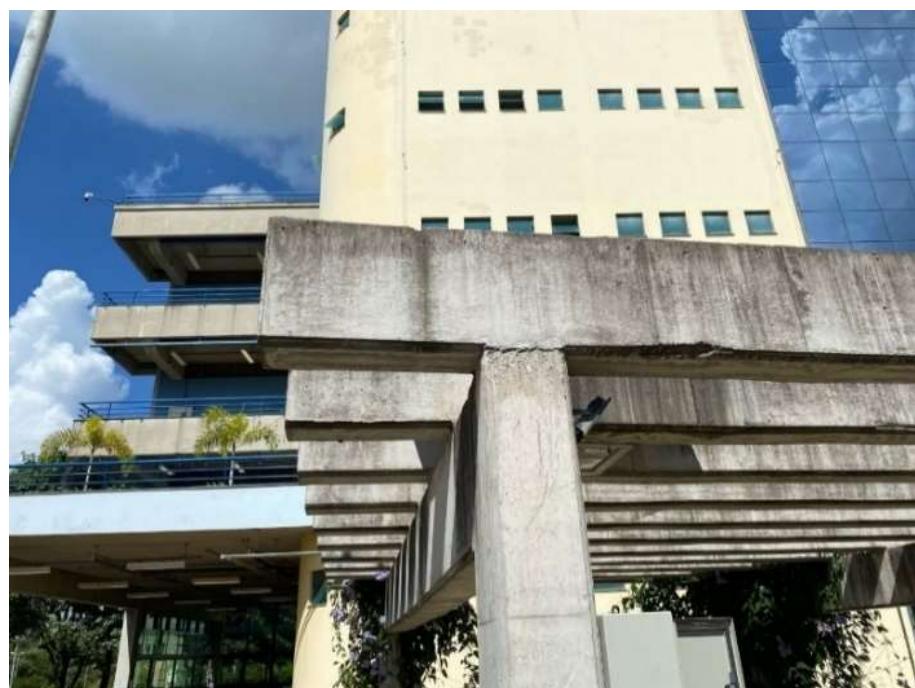


Fonte: Elaboração própria (2024).

As obras do novo local no campus foram definidas entre a Reitoria e o setor de Engenharia e Obras do campus, para definir o melhor local para implantação da Estação Meteorológica, o local definido foi o pergolado entre o Bloco Administrativo e

o Bloco A (Figura 44), tendo como Latitude -23.500169 e Longitude -47.398269 e elevação de 632 metros o local.

Figura 44 – Novo local para a instalação da estação meteorológica



Fonte: Elaboração própria (2024).

Após a aprovação a instalação da estação meteorológica foi realizada como mostrado na Figura 45.

Figura 45 - Vista aérea Estação Meteorológica fase 4



Fonte: Setor de Engenharia e Obras UNISO.

A Figura 46 ilustra a visão que os transeuntes podem ter do local da instalação da fase 4, estação meteorológica e seus sensores.

No local de instalação da Estação Meteorológica (pergolado entre o prédio Administrativo e o Bloco A na Cidade Universitária) foi necessária a instalação de uma haste para fixação do anemômetro, pluviômetro e o casulo dos sensores e, entre uma viga e uma coluna do pergolado, foi instalado a caixa para acondicionar o ESP32, os cabos de dados e os conectores do anemômetro e pluviômetro.

Figura 46 - Vista Lateral da Estação Meteorológica fase 4



Fonte: Elaboração própria (2024).

A localização do sistema da Estação Meteorológica ficou de fácil manutenção e caso necessário, qualquer tipo de intervenção, requer apenas de uma escada pequena para acessá-la.

5.4 Montagem física fase 4

Na fase 4 da montagem da estação meteorológica, foram instalados dois novos sensores: o pluviômetro e o anemômetro. O pluviômetro é responsável por medir a quantidade de precipitação de água proveniente das chuvas, enquanto o anemômetro mede a velocidade e a direção do vento. Esses componentes foram integrados ao protótipo original.

Após os testes efetuados com o protótipo e os conectores acoplados e efetuada a montagem, seguiu-se a soldagem definitiva do sistema de monitoramento climático.

A montagem e o aprimoramento do protótipo levaram às melhorias efetuadas no decorrer do projeto para o sensoriamento. A Figura 47 mostra a parte frontal do sistema.

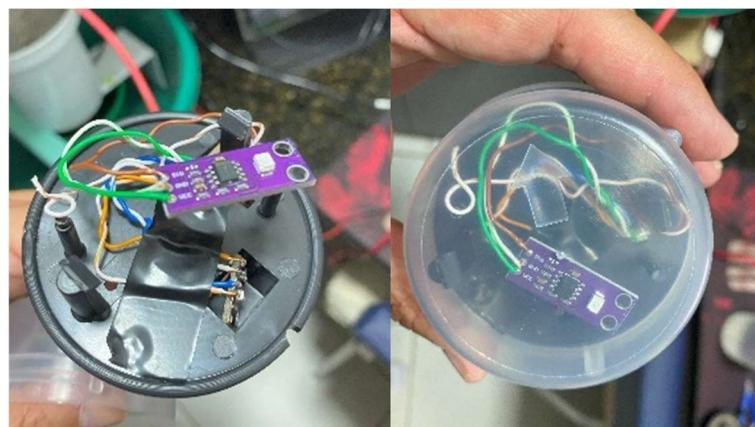
Figura 46 - Parte frontal do sistema de controle



Fonte: Elaboração própria (2024).

O sensor BMP280 de umidade, temperatura e pressão atmosférica e o GUVA de ultravioleta, foi alojado em um casulo de sensores fotocélula que foi modificado para serem introduzidos esses dois sensores no interior do casulo, e fixado o cabo RJ45 Cat6 para envio de dados e alimentação para o sistema conforme mostrado na Figura 48.

Figura 478 – Casulo de sensores



Fonte: Elaboração própria (2024).

A acomodação dos sensores no casulo foi necessária para que o sensor de UV recebesse diretamente a luz do sol e o sensor BMP280 fique em contato direto com o ambiente e possa assim receber os dados. O casulo foi fechado com uma tampa acrílica para evitar danos aos sensores devido ao contato com umidade, chuva e outras intempéries durante o uso em campo.

6 DISCUSSÃO

Para desenvolver este projeto foi necessário implementar um sistema robusto de coleta de dados, capaz de registrar informações sobre temperatura, umidade, pressão atmosférica e outros parâmetros meteorológicos. Além disso, foi essencial estabelecer uma infraestrutura de comunicação eficiente para enviar esses dados de forma contínua e em tempo real para uma plataforma de análise, como o *ThingSpeak*. Ao se adicionar o acoplamento do anemômetro e do pluviômetro o acoplamento desses dois instrumentos na fase 4 permitiu uma coleta de dados mais eficiente e precisa em relação as fases anteriores testadas. Isso não só melhorou a precisão das informações meteorológicas, mas também permitiu uma compreensão melhor dos padrões climáticos e sua variabilidade.

Os dados climáticos coletados sob este nível de pressão atmosférica, provenientes da estação meteorológica instalada na UNISO em Sorocaba (SP), são fundamentais para compreender os padrões de instabilidade termodinâmica da atmosfera naquela região. A análise desses dados permitirá não apenas determinar os índices de instabilidade, mas também oferecer *insights* valiosos sobre os processos convectivos que ocorrem na região. Ao integrar essas tecnologias e realizar análises avançadas dos dados coletados, pode-se não apenas aprimorar a compreensão dos processos atmosféricos locais, mas também contribuir significativamente para o desenvolvimento de modelos mais precisos e eficazes. Essas informações são úteis para diversos setores, desde setores de agricultura e energia até o planejamento urbano e gestão de desastres naturais. Assim, investir em sistemas de monitoramento e análise meteorológica é fundamental para promover o progresso e a resiliência em face das mudanças climáticas e eventos extremos.

Após a conclusão das quatro fases, está disponibilizado na Aba Dados Power BI links, que caso seja necessário, podem ser acessados e analisados os dados coletados nas fases 2, 3 e 4 e esses dados podem ser acessados sem necessidade de cadastro antecipado. Comparou-se a precisão, a estabilidade e a facilidade de uso de cada conjunto de sensores em relação a plataforma online site *wunderground*, que necessita cadastro e caso queira algum dado de data específica, necessita efetuar solicitação, porém nem sempre atendida.

Este estudo fornece uma análise das diferentes configurações de sensores e do envio de dados para o *ThingSpeak* para a coleta e utilização dos dados

meteorológicos, como também sua demonstração gráfica diretamente no site, sem necessidade de cadastro prévio para visualização conforme mostro a Tabela 3, para as diferentes fases do projeto, o número de dias e a quantidade de dados levantados por período.

Tabela 3 - Quantidades de dias x dados coletados x Fase

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Dias	18	34	72	Em andamento
Dados	0	36554	93141	Em andamento

Fonte: Elaboração própria (2024).

Caso qualquer pessoa da comunidade necessite dos dados gerados pelas fases 2 e 3 da estação, pode ser efetuado o download do arquivo em CVS através do link <http://estacaouniso.42web.io> (Aba Dados POWER BI, link 2 e 3) e os dados da fase 4 (que até o fechamento deste trabalho está em atuação) pode ser efetuado download diretamente pelo *ThingSpeak* ou pela Aba Dados Meteorológicos atuais disponíveis.

Foi adicionada a Aba Contato para se efetuar uma comunicação que direciona para o e-mail estacaometeorologica@prof.uniso.br, permitindo assim se comunicar com os usuários caso haja qualquer tipo de problema e, também, tirar dúvidas e sugestões para a melhoria.

A Tabela 4 apresenta um descritivo detalhado, incluindo valores e quantidades dos componentes que foram necessários para a montagem da estação meteorológica. Os valores foram cotados em 23/04/2027 e estão expressos em dólares, e os componentes foram adquiridos de diferentes fornecedores, conforme especificado.

Tabela 4 - Descritivo, valores e quantidade e dos componentes para estação

Qtd	Produto	Dólar	Local	(continua) Total
1	Anemômetro SV-10	\$ 73,09	USINAINFO	\$ 73,09
1	Luz Ultravioleta Guva-S12SD	\$ 4,45	USINAINFO	\$ 4,45
1	Press. Umid. e Temp. BME280	\$ 7,12	USINAINFO	\$ 7,12
1	Pluviômetro de Báscula PB-10	\$ 78,39	USINAINFO	\$ 78,39
1	ESP32 38 pinos	\$ 8,39	MAMUTE	\$ 8,39

Qtd	Produto	Dólar	Local	Total
4	Cabo RJ45 CATe6	\$ 0,89	MAMUTE	\$ 3,57
1	Conektor RJ45 M	\$ 0,54	MAMUTE	\$ 0,54
1	Tubo de antena	\$ 8,93	MAMUTE	\$ 8,93
1	Conektor RJ45 F	\$ 0,27	MAMUTE	\$ 0,27
2	Conektor M/F preto e vermelho	\$ 0,89	MAMUTE	\$ 1,79
1	Caixa de passagem 300x220x120mm	\$ 13,93	MAMUTE	\$ 13,93
1	Placa de Desenvolvimento 7x9	\$ 2,85	MAMUTE	\$ 2,85

Fonte: Elaboração própria (2024).

Neste trabalho, mostramos que é possível construir uma estação meteorológica digital de baixo custo (valor total dos componentes: US\$ 203,32, com a cotação do dólar a R\$ 5,59 no dia 23/07/2024, totalizando R\$ 1.136,56), utilizando materiais facilmente encontrados no mercado. Esta estação pode ser replicada e instalada facilmente em outros pontos de interesse, que necessitem de monitoramento das condições climáticas de forma autônoma.

O desenvolvimento de estações meteorológicas automatizadas é baseado em princípios como monitoramento em tempo real, automação e conectividade, permitindo a coleta contínua e precisa de dados climáticos por sensores, processados por microcontroladores autônomos, como o Arduino. Essas estações têm ampla aplicação em áreas como agricultura, otimização de energia, prevenção de desastres e pesquisa científica, além de serem integradas em sistemas de cidades inteligentes. A conectividade via plataformas como ThingSpeak e a análise de dados em ferramentas como Excel e Power BI facilitam a visualização e tratamento da informação, enquanto a criação de um site próprio permite o acesso e a personalização das previsões climáticas, otimizando a tomada de decisões.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Construímos, testamos e implementamos uma Miniestação Meteorológica Digital, capaz de fornecer dados das seguintes variáveis meteorológicas: temperatura, pressão atmosférica, radiação ultravioleta, velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Todos os sensores foram montados em uma placa, e a conversão dos dados de analógicos para digitais também foi realizada utilizando o mesmo hardware: o microcontrolador ESP32. Os dados foram coletados e tratados por meio do site *ThingSpeak* e processados pelo software Power BI, estando disponíveis tanto pelo *ThingSpeak* via SOA quanto pelo Power BI. Neste momento, a visualização do dashboard pode ser feita no endereço web <http://estacaouniso.42web.io/>, porém oportunamente será migrado para o endereço definitivo <http://www.uniso.br/meteorologia>. Esses dados são acessíveis e visualizáveis por qualquer usuário, sem restrições, incluindo alunos, funcionários da UNISO e o público em geral. Os dados gerados pela estação foram comparados, sempre que possível, com dados de outros provedores climáticos, e nossos resultados estão dentro do padrão esperado. Portanto, podemos afirmar que o sistema é confiável para a geração de dados meteorológicos e pode ser utilizado em uma cidade inteligente. Este projeto proporcionou à Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi um novo laboratório, que gera e disponibiliza dados climáticos da região.

O projeto foi realizado com sucesso, e a Universidade de Sorocaba adotou a estação meteorológica como um novo laboratório da UNISO, disponibilizando as informações coletadas ao público em geral.

Como trabalho futuro, planejamos continuar aprimorando a estação meteorológica, estudando seu desempenho ao longo do tempo. Analisaremos como os sensores se comportam em um período mínimo de um ano, buscando identificar padrões e possíveis melhorias. Também pretendemos pesquisar novos sensores mais avançados e precisos disponíveis no mercado, para aumentar a confiabilidade e a precisão dos dados coletados. Além disso, está nos planos a expansão da rede de estações, implementando outras na cidade de Sorocaba e região a fim de se obter uma visão mais abrangente das condições climáticas da região metropolitana de Sorocaba.

Os resultados das medições poderão ser utilizados para análises preditivas, desenvolvendo modelos que possam prever mudanças climáticas com maior

antecedência e precisão, contribuindo com o poder público, para tomadas de decisão mais dinâmicas e eficazes.

O sistema instalado e implementado poderá se integrar com sistemas de gestão de energia, segurança e infraestrutura do campus. Essa integração permitirá uma abordagem mais holística na gestão do campus, utilizando os dados climáticos para otimizar o consumo de energia, aumentar a segurança e melhorar a gestão da infraestrutura e do bem-estar da população que frequenta o campus.

Por fim, podemos afirmar que qualquer projeto para transformação de uma cidade em uma Cidade Inteligente (*Smart City*), deverá necessariamente ter uma estação meteorológica como a desenvolvida neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALBINO, Vito; BERARDI, Umberto; DANGELICO, Rosa Maria. Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 1, p. 3-21, 2015.

AMAZON WEB SERVICES. O que é SOA (arquitetura orientada a serviços)? **AWS**, [Seattle], 2024. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/service-oriented-architecture/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

AQUA. Cidades inteligentes: conheça o conceito de smart cities. **Aqua**, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://www.aqua.com.br/blog/smart-cities-cidades-inteligentes>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BROWN, Tim. **Design thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim da inovação por acidente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BURT, Stephen. **The weather observer's handbook**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2024.

CARVALHO, Sônia Marise Salles; MARTIN, Adriana Regina; CARNEIRO, Arthur Guimarães; SANTOS, Eraldo Ricardo; BARBOSA, Anna Patrícia Teixeira. Smart cities: avaliação das características dos ecossistemas de inovação de duas cidades inteligentes brasileiras. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 3, p. 693-706, 2020.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Índice ultravioleta. **CPTEC**, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

CHRISTENSEN, Clayton M. **O dilema da inovação**. Lisboa: Actual, 2018.

EICHHORN, Daniel. **ESP8266 Weather Station**: getting started guide. [S. l.]: LeanPub, 2018.

ELYSIOS. O que é uma estação meteorológica e quais seus sensores. **Elyrios**, Porto Alegre, 1 jun. 2022. Disponível em: <https://elysios.com.br/blog/o-que-e-uma-estacao-meteorologica-e-quais-seus-sensores/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Series**: datasheet. [Shangai]: Espressif Systems, 2024. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. Acesso em: 18 fev. 2024.

FRAGA, Adalberto. **Microsoft Power BI**: gráficos, banco de dados e configuração de relatórios. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

FUGITA, Henrique Shioiti; CARVALHO JR., Davi. Método de análise e projetos em SOA. **DevMedia**, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: www.devmedia.com.br/metodo-de-analise-e-projetos-em-soa/18731. Acesso em: 10 mar. 2024.

GUNS, Bob. **A Organização que aprende rápido**: seja competitivo utilizando o aprendizado organizacional. Recife: Futura, 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**: mecânica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. v. 1.

IESE BUSINESS SCHOOL. The smartest cities in the world in 2018. **Forbes**, New Jersey, 13 ju. 2018. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/iese/2018/07/13/the-smartest-cities-in-the-world-in-2018/?sh=35d125f42efc>. Acesso em: 19 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLÓGIA. Estações automáticas. **IMNET**, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/esta%C3%A7%C3%A7%C3%A9s-autom%C3%A1ticas>. Acesso em: 14 jun. 2024.

INSTITUTO SMART CITY BUSINESS AMERICA. Smart City Index Brasil. São Paulo, 2023. Disponível em: www.scbamerica.com/scb-academy. Acesso em: 06 mar. 2024.

IOANNOU, Konstantinos; KARAMPATZAKIS, Dimitris; AMANATIDIS, Petros; AGGELOPOULOS, Vasileios; KARMIRIS, Ilias. Low-cost automatic weather stations in the internet of things. **Information**, v. 12, n. 4, 2021.

ITIGO CONSULTING. Implementação de ITL. **Itigo Consulting**, São Paulo, 2024. Disponível em: www.itigoconsulting.com/implementacao-de-etl. Acesso em: 23 jun. 2024.

JOHNSON, Steven. **De onde vêm as boas ideias**: uma história natural da inovação. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

KOMINOS, D. Smart cities: a new approach to urban development. **The European Journal of Urban and Regional Research**, v. 32, n. 1, p. 131-136, 2008.

KOSKELA, Mika; RAHIKAINEN, Mikko; WAN, Tao. Software development methods: SOA vs. CBD, OO and AOP. In: SEMINAR ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS: SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE AND SOFTWARE ENGINEERING, 2007, Helsinki. **Proceedings** [...]. Helsinki: Helsinki University of Technology, 2007.

KURNIAWAN, Agus. **Internet of things projects with ESP32**: build exciting and powerful IoT projects using the all-new Espressif ESP32. Birmingham: Packt Publishing, 2019.

LEE, J. (2013). **The rise of smart cities: mobile communication infrastructure in urban space**. Routledge.

LEMOS, André. Cidades inteligentes: de que forma as novas tecnologias – como a computação em nuvem, o *Big Data* e a internet das coisas – podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos? **GV Executivo**, v. 12, n. 2, p. 46-49, 2013.

MARTELLI, Richard; SANTANA FILHO, Ozeas Vieira; CABRAL, Alex de Lima. **Modelagem e banco de dados.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2018.

MAMUTE ELETRÔNICA. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.mamuteeletronica.com.br/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico.** São Paulo: Novatec, 2018.

MONK, Simon. **30 Projetos com Arduino-2.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

MOROZOV, Evgeny; BRIA, Francesca. **A cidade inteligente:** tecnologias urbanas e democracia. São Paulo: Ubu Editora, 2020.

NAM, Taewoo. Design thinking para inovação urbana na era digital: agenda de pesquisa e reflexões. **Jornal de Tecnologia Urbana**, v. 25, n. 2, p. 3-19, 2018.

NAM, Taewoo; PARDO, Theresa. A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH, 12., 2011. **Proceedings [...].** New York: Association of Computing Machinery, 2011.

OLIVEIRA, Antonio Ricardo; FERNANDES, Leila Maria Pinheiro; TAVEIRA, Gilda Aché. **Modelagem de dados.** Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2000.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI.** São Paulo: Novatec, 2017.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Manual de Oslo:** diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Paris: OCDE; Rio de Janeiro: Finep, 2005.

PIERCE, Paul; RICCIARDI, Francesca; ZARDINI, Alessandro. Smart cities as organizational fields: a framework for mapping sustainability-enabling configurations. **Sustainability**, n. 9, 1506, aug. 2017.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Business cycles:** a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. New York: McGraw-Hill, 1939.

USINAINFO: eletrônica e robótica. Santo Ângelo, 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Radiation: the ultraviolet (UV) index. **WHO**, Geneva, 20 june 2022. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-ultraviolet-\(uv\)-index](https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-ultraviolet-(uv)-index). Acesso em: 16 jun. de 2024.

ANEXO A - LAYOUT DO SITE DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UNISO

UNISO

Dados POWER BI Arquivos Download

Estação Meteorológica - UNISO - Universidade de Sorocaba - Última atualização: 19/07/2024 18:33

Bem vindo(a) Estação Meteorológica UNISO

Site do Projeto Desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais (PTA), nível Mestrado Profissional, área de concentração em "Inovação, tecnologia e ambiente", da Universidade de Sorocaba. Desenvolvido por Engº Mestrando José Luiz da Silva (Luzinão Trovão) sob orientação do Prof. Dr. José Martins de Oliveira Júnior e coorientação do Prof. Dr. José Luiz Antunes de Almeida.

Acesse a página "Estação Uniso" para visualizar os Gráficos enviados pelo sensor (Superfície Ensolada).

Para mais informações sobre o projeto acesse [Estação UNISO](#)

Última atualização: 19/07/2024 18:33

Temperatura
14.7 °C

Umidade
69.01768 %

Velocidade do Vento(km/h)
0.65729 Km/h

Velocidade do Vento(m/s)
0.19258 m/s

Pressão Atmosférica
950.95248 hPa

Índice UV
0.76043 UV

Índice Pluviométrico
1.5 mm

Localização Estação

[Ir para a Estação Meteorológica](#)

[Ir para a Estação Meteorológica](#)

Contador de Acessos

Esta página foi visitada 932 vezes.